Extrait du Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles, tome 60, année 1935.

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

DE LA RÉGION

WEISSMIES-PORTJENGRAT

(VALAIS)

Avec 18 figures dans le texte et 2 planches hors texte.
[En annexe : une carte géologique.]

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE NEUCHATEL
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

TE-KAN HUANG

NEUCHATEL
IMPRIMERIE CENTRALE S. A.
1935

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

DE LA RÉGION

WEISSMIES-PORTJENGRAT

(VALAIS)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545905_0040

Extrait du Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles, tome 60, année 1935.

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

DE LA RÉGION

WEISSMIES-PORTJENGRAT

(VALAIS)

Avec 18 figures dans le texte et 2 planches hors texte.
[En annexe : une carte géologique.]

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE NEUCHATEL
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

TE-KAN HUANG

NEUCHATEL
IMPRIMERIE CENTRALE S. A.
1935

La Faculté des Sciences de l'Université de Neuchâtel, sur le rapport de M. le professeur Emile ARGAND, *autorise l'impression de la présente thèse, sans exprimer d'opinion sur les propositions qui y sont contenues.*

Neuchâtel, le 10 juillet 1935.

Le doyen : Prof. Dr CHABLE.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

DE LA RÉGION

WEISSMIES-PORTJENGRAT

(VALAIS)

PAR

TE-KAN HUANG

AVEC 18 FIGURES DANS LE TEXTE ET 2 PLANCHES HORS TEXTE
[EN ANNEXE : UNE CARTE GÉOLOGIQUE]

PRÉFACE

Le présent mémoire est le texte explicatif de ma Carte géologique de la région du Weissmies et du Portjengrat, en Valais. C'est sur le conseil de M. Argand, professeur à l'Université de Neuchâtel, directeur de l'Institut de Géologie, que j'ai entrepris les recherches qui ont abouti à ces deux travaux. J'ai consacré au levé de la carte géologique une partie de l'été de 1933 et tout l'été de 1934, soit environ 120 jours de travail effectif.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance la mieux sentie à M. Argand qui n'a cessé, sur le terrain ou dans le laboratoire, de m'encourager de ses conseils, en y apportant sa profonde maîtrise de la géologie des Alpes. Je n'oublierai jamais les journées qu'il a bien voulu passer sur mon territoire, en me montrant comment attaquer un problème compliqué et dégager, d'une multitude de détails, les traits essentiels.

Je ne puis manquer de remercier ici M. Maurice Lugeon, professeur à l'Université de Lausanne, qui a bien voulu me permettre de prendre part aux exercices pratiques qu'il dirige en montagne. J'ai ainsi eu, pendant quelques belles journées, le privilège d'être

initié par ce maître éminent à la géologie des Hautes-Alpes calcaires dans la région classique des Diablerets. Sa jeunesse d'esprit, ses méthodes de travail rigoureuses et sûres, m'ont donné une inspiration que j'espère garder toujours.

Mes remerciements vont aussi à M. Paul Arbenz, professeur à l'Université de Berne, dans laquelle j'ai passé les premiers mois de mon séjour en Europe. Je dois ainsi à M. Arbenz un premier et fructueux contact avec la géologie des Alpes.

La Société neuchâteloise des Sciences naturelles a bien voulu accueillir dans son *Bulletin* le texte du présent mémoire, avec l'abondante illustration que représentent les figures, la planche de coupes en noir et la planche de panoramas en couleur. Je lui en garde beaucoup de reconnaissance.

M. W. H. Wong, directeur du Service géologique de Chine, m'a donné, avec ses encouragements les meilleurs, un appui sans lequel je n'aurais guère pu terminer mes études en Europe. M. V. K. Ting, ex-directeur de la même institution, m'a le premier conseillé de me former en Suisse aux méthodes de la tectonique alpine moderne. Ce m'est donc une grande joie de pouvoir exprimer à MM. Wong et Ting, à cette occasion, ma profonde reconnaissance.

La « China Foundation for the Promotion of Education and Culture », dont je suis « Research Fellow », a bien voulu m'accorder un subside pour la durée de mes études en Europe, ce dont je ne pourrai jamais assez la remercier.

J'ai également une vive obligation envers le Service géologique de Chine, qui m'a accordé un subside couvrant les frais que m'occasionne la reproduction de la carte.

*
* *

Au moment où j'achève de rédiger cette préface, l'impression de ma carte géologique, qui se fait par les soins de la maison Kümmerly & Frey, à Berne, est si avancée qu'on peut prévoir sa publication en juillet 1935. On pourra donc, à bref délai, se la procurer auprès de MM. Kümmerly & Frey.

La carte géologique paraîtra ainsi avant le tirage séparé du présent mémoire, tirage qui lui-même paraîtra en avance sur le tome 60 du *Bulletin* de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles.

La carte géologique et le présent mémoire forment donc deux ouvrages distincts tant par la date de leur publication que du point de vue bibliographique.

Les dispositions en vue de la reproduction et de l'édition de la carte étaient prises lorsque le Comité de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles me fit exprimer le désir que, pour la commodité du lecteur, la carte fût présente dans le *Bulletin* à côté du texte. Je pris alors bien volontiers les mesures nécessaires pour faire augmenter le tirage de la carte, afin qu'un exemplaire de celle-ci soit joint (en annexe) à chaque exemplaire du *Bulletin* et aussi à chaque tirage séparé de mon mémoire. — Corrélativement à ces dispositions, qui assureront à ma carte une large diffusion, j'ai pris le parti de réduire l'édition de la carte seule, telle qu'elle va paraître en juillet, à un petit nombre d'exemplaires.

* * *

Les collections justificatives du présent travail sont conservées, avec les lames minces correspondantes, à l'Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel.

Devant quitter la Suisse dans peu de temps, je ne pourrai m'occuper moi-même des soins relatifs à l'impression du texte, et je me trouverais embarrassé si M. Argand, avec la plus grande obligeance, n'avait consenti à revoir en personne les épreuves, ce dont je ne sais comment le remercier.

Neuchâtel, Institut de Géologie de l'Université,
le 29 juin 1935.

Te-Kan HUANG.

(Addition.) La carte géologique de la région Weissmies-Portjengrat, achevée d'imprimer le 20 juillet 1935 chez MM. Kümmerly & Frey, à Berne, vient de paraître.

Neuchâtel, Institut de Géologie de l'Université,
le 22 juillet 1935.

T.-K. H.

INTRODUCTION

Délimitation. — La région qui fait l'objet de mon travail comprend la partie septentrionale de la feuille 534 (Saas) et une petite partie de la feuille 501 (Simplon) de l'Atlas topographique fédéral (Atlas Siegfried). Elle s'étend de la vallée de Saas, à l'W., au Zwischbergental et au Laquintal au N.E., à quelques kilomètres de la route du Simplon. Au S. sa limite coïncide avec la frontière italienne. C'est un territoire de hautes montagnes. Parmi les cimes principales, on compte le Weissmies (4031 m.), le Portjengrat (3657,6 m.) et le Sonnighorn (3491,5 m.). Sauf les villages de la vallée de Saas, on ne trouve pas dans notre région d'habitation permanente : les alpages, fréquentés en été par des bergers, sont abandonnés pendant les âpres mois d'hiver.

Bref coup d'œil historique. — Bien que notre bibliographie, pour des raisons de commodité, soit rangée selon l'ordre alphabétique, elle ne laisse pas de comprendre, pensons-nous, tous les repères chronologiques essentiels. A vrai dire, le nombre des ouvrages qui mentionnent explicitement des points de notre territoire n'est pas élevé, mais nous avons cru bien faire en mentionnant certains travaux d'ordre général qui s'y rapportent implicitement, soit qu'ils traitent de l'ensemble des Alpes Pennines, ou de celui de la zone pennique, ou même de toutes les Alpes. Nous avons également cité des monographies de régions voisines, ouvrages propres à éclairer, par analogie, nos problèmes. Nous avons enfin mentionné les principales cartes géologiques et tectoniques qui comprennent notre région ou en donnent quelque partie.

Les ouvrages parus avant le milieu du XIX^{me} siècle (**89**, **39**) ne fournissent qu'un petit nombre de renseignements relatifs à des régions voisines de notre territoire.

La « Geologie der Schweiz » de B. Studer (**124**, I, 1851) renferme un certain nombre d'observations, encore assez éparses, dont on trouvera dans notre liste d'ouvrages la référence paginale.

La création de la plus ancienne base objective fortement coordonnée, concernant l'ensemble des Alpes Pennines, est fournie par les mémoires et les cartes de Gerlach, notamment par sa

« Geologische Karte der Penninischen Alpen » au 1 : 200 000e (1869, in **49**), à laquelle il faut ajouter, en ce qui concerne notre région, deux publications posthumes, les feuilles XXIII (**45**, 1882) et XVIII (**46**, 1885) de la Carte géologique de la Suisse au 1 : 100 000e. Il n'est pas nécessaire de rappeler que l'œuvre de Gerlach, ce grand pionnier de la géologie des Alpes, est d'une qualité très élevée, eu égard à l'époque où elle a été conçue.

Dans le dernier quart du XIXme siècle ont paru, sous la signature de Marshall-Hall (**67**, **68**), Bonney (**30-32**) et Schäfer (**90**), quelques contributions à la pétrographie de régions plus ou moins proches de notre territoire.

L'année 1905, au cours de laquelle Lugeon et Argand (**64-65**) ont révélé l'existence des nappes penniques supérieures, c'est-à-dire des nappes du Grand Saint-Bernard, du Mont Rose et de la Dent Blanche, a eu une importance capitale.

De 1906 à 1934, les nombreux travaux d'Emile Argand ont beaucoup accru la connaissance des structures, notamment par la publication de sa Carte tectonique des Alpes Occidentales et de ses coupes synthétiques (**8-11**, 1911). Argand a en outre créé la cinétique moderne des nappes penniques, cinétique délibérément conçue avec trois dimensions d'espace et une dimension de temps. C'est lui qui a introduit dans la science le point de vue de haute synthèse qui consiste à rattacher à cette cinétique, conçue comme principe d'explication, non seulement l'évolution structurale mais aussi l'évolution stratigraphique, et dans une large mesure l'évolution pétrographique. On sait aussi comment il a esquissé l'application de ces normes synthétiques à l'ensemble de la Terre dans sa *Tectonique de l'Asie* (**22**). Le plus récent exposé des faits et des problèmes fondamentaux de la zone pennique est l'article qu'Argand a donné au *Guide géologique de la Suisse* (**24**, 1934); nous y renvoyons le lecteur pour les questions générales. Argand a en outre renouvelé, en la précisant, une grande partie de la base objective régionale, en levant ses trois cartes géologiques détaillées : Grand Combin (**23**, 1934), Dent Blanche (**1**, 1908) et Zermatt-Monte Rosa (**26**), cette dernière à paraître prochainement. L'ensemble de ces cartes donne au 1 : 50 000e la plus grande partie des hautes montagnes des Alpes Pennines.

Ajoutons enfin que les levés de A. Stella dans la région italienne adjacente à mon territoire ont été publiés en 1913 sur la feuille 15 (Domodossola) de la Carte géologique d'Italie au 1 : 100 000e (**84**), et que ces levés s'étendent, par places, à certains territoires suisses limitrophes, notamment à l'Almagelhorn, au Sonnighorn (Pizzo Bottarello), au Portjengrat (Pizzo d'Andolla) ainsi qu'au haut Zwischbergental et même à une petite partie du Laquintal.

But du travail. — Les levés cartographiques détaillés d'Argand atteignent à l'Est le bord oriental des feuilles Mischabel et Zer-

matt, jusqu'aux portes de Saas-Fee. Mais dans le territoire qui fait l'objet de la présente étude, on manquait de levés détaillés, les cartes structurales et les coupes d'Argand (**8-11**) étant basées, pour une partie de cette région, sur les anciens contours de Gerlach, et, pour une autre, sur des levés de reconnaissance au 1 : 50 000e, exécutés en vue de la réduction au 1 : 500 000e dans la Carte tectonique des Alpes Occidentales (**8**). D'autre part, M. Argand, qui, au cours de ces reconnaissances, avait visité le Zwischbergental et traversé le Passo d'Andolla, avait acquis l'impression que dans ces parages, comme aussi sur le versant E. du Saastal, les cartes de Gerlach appelaient une révision particulièrement sérieuse, et que de véritables levés détaillés ne manqueraient pas d'avoir un rendement élevé en faits nouveaux. C'est la raison pour laquelle il me confia, en 1933, l'élucidation du problème des rapports entre la nappe du Mont Rose et celle du Grand Saint-Bernard à l'Est de la Saaservisp, pour autant qu'il s'agit du territoire suisse.

Position des problèmes. — A l'E. de la Saaservisp, la limite de la *zone* du Grand Saint-Bernard et du *massif* du Mont Rose est formée, d'après les cartes de Gerlach (**49**, **45**): *a)* d'abord, par une bande mésozoïque qui apparaît à Unter dem Berg et se continue à l'E.S.E. dans la direction du Triftgrätli; *b)* plus loin, avec la même direction et sans interposition de Mésozoïque, par un contact direct des micaschistes *(Gl)* de la zone du Grand Saint-Bernard avec les gneiss *(Gn)* du massif du Mont Rose; *c)* ensuite, dans les parages du Zwischbergenpass et au delà, par un synclinal mésozoïque avec schistes lustrés et roches vertes, dirigé en gros W.-E. Cette délimitation attribue le Portjengrat au massif du Mont Rose, et le Weissmies à la zone du Grand Saint-Bernard. Les constructions tectoniques postérieures, notamment celles d'Argand (**4**, **8**), assignent le même trajet à la limite des *nappes* du Mont Rose et du Grand Saint-Bernard.

D'autre part, les cartes de Gerlach signalent à l'intérieur du massif du Mont Rose, sur la rive gauche du Saastal à l'E. de Saas-Fee, un synclinal mésozoïque plus méridional que celui de Unter dem Berg. Argand a fait connaître, en 1911 (**8**), une partie de la prolongation de ce synclinal interne sur la rive droite ; il l'avait suivi en direction W.N.W.-E.S.E., sur ses levés de reconnaissance, de Zenlauenen au Grundberg et, de là, jusque sur l'arête entre les points 3106 et 3233. Cette zone synclinale, que j'ai poursuivie plus loin dans les deux sens, comme on le verra, est désignée, dans le présent travail, sous le nom de *synclinal du Grundberg.*

Argand a montré que la nappe du Mont Rose, qui tient encore à sa racine vers l'arrière, se résout vers l'avant en un grand nombre de têtes anticlinales plongeantes (**4**, **8**, **9**, **11**, **24**). De ces têtes plongeantes, deux sont particulièrement volumineuses :

ce sont, de bas en haut, la digitation du Latelhorn et celle du Portjengrat, séparées par la zone synclinale de Furggen. Une troisième digitation, d'épaisseur plus modérée, mais assez importante encore, a été également signalée par Argand, qui ne lui a pas donné de nom : nous l'appelons ici *digitation de Saas-Grund;* elle est comprise entre la zone synclinale de Unter dem Berg et celle du Grundberg. Les autres digitations de la nappe du Mont Rose, d'après Argand, sont plus minces et de caractère vermiculaire.

Rappelons aussi, trait important, que notre territoire fait partie de la vaste région où se sont affrontées, dans leur lutte pour l'espace, les deux nappes du Mont Rose et du Grand Saint-Bernard, la première, qui continuait à être poussée de l'arrière, ayant joué le rôle actif, tandis que la seconde, énergiquement déformée par plis en retour, venait l'encapuchonner.

Premier aperçu de solutions. — Il est nécessaire, dès cette introduction, de dire quelques mots des solutions auxquelles je suis arrivé, quand ce ne serait que pour justifier l'ordre que j'ai adopté dans la division régionale des exposés.

De nouveaux plis en retour, désignés plus loin sous les noms de plis en retour de *Bidemji* et du *Balmhorn*, ont été reconnus par moi dans le Laquintal et le Zwischbergental; ils affectent le bord interne de la nappe du Grand Saint-Bernard et sont dus, comme le pli en retour des Mischabelhörner antérieurement connu, au mécanisme d'encapuchonnement.

Mais le résultat principal de nos recherches concerne la région du Weissmies, jusqu'ici attribuée à la nappe du Grand Saint-Bernard, et qui doit passer à celle du Mont Rose. Nous avons constaté, en effet, que les gneiss qui constituent le gros du Weissmies ne se continuent pas à l'W.N.W., comme l'exigeraient les constructions antérieures, mais à l'W.S.W., en direction de l'Almageleralp, en sorte qu'ils *séparent complètement* la zone mésozoïque du Grundberg (et à plus forte raison celle de Unter dem Berg) de la zone mésozoïque du Zwischbergenpass. De ce fait résultent de nombreuses conséquences, qui seront présentées dans nos conclusions, mais dont quelques-unes doivent déjà prendre place ici.

1° Puisque rien ne sépare, dans le sens longitudinal, les gneiss du Weissmies de ceux de la nappe du Mont Rose, les premiers font évidemment partie de la seconde, et doivent, par suite, être retranchés de la nappe du Grand Saint-Bernard.

2° Le faisceau des gneiss du Weissmies, étant intercalé entre la zone du Zwischbergenpass et celle du Grundberg, constitue une nouvelle digitation de la nappe du Mont Rose, digitation qui est un anticlinal plongeant, compris entre ceux du Portjengrat et de Saas-Grund, avec un volume comparable à celui du premier.

La nappe du Mont Rose comprend donc trois digitations anticlinales du premier ordre de grandeur, et non pas seulement deux : ce sont, de bas en haut, les digitations du Latelhorn, du Portjengrat *et du Weissmies*, au-dessus desquelles vient encore, avec un moindre volume, la digitation de Saas-Grund.

3° La sortie axiale des masses, qui se fait vers l'E.N.E., entraîne l'obligation de déceler le substratum mésozoïque de la nouvelle digitation. Dans ce but, j'ai étendu mes recherches à la partie supérieure du Laquintal. Cela m'a permis :

a) de confirmer, quoique avec des limites un peu différentes, l'existence du Mésozoïque dans cette région, existence déjà signalée par Gerlach [1] dans sa carte au 1 : 200 000e **(49)**;

b) de poursuivre ces roches au delà des limites tracées par Gerlach, et cela dans deux directions : au N. dans ce que j'appelle le synclinal du Grauhorn, synclinal qui s'avance jusque près des chalets de la Laquinalp, en séparant les deux plis en retour de Bidemji en haut et du Balmhorn en bas; au N.W. jusqu'à Galki, au-dessus de Bidemji, ce qui, ajouté à l'extension précédemment connue de ce Mésozoïque, fournit le substratum jeune exigé par la nouvelle digitation du Weissmies;

c) de confirmer ou d'établir l'âge mésozoïque de toutes ces formations en constatant les intercalations de schistes lustrés, assez nombreuses quoique petites, qui se subordonnent aux amphibolites feldspathiques et aux autres roches vertes.

4° Si ce Mésozoïque du haut Laquintal est bien le substratum d'une partie de la nappe du Mont Rose, il doit se relier, autour des régions frontales de celle-ci, au Mésozoïque du versant droit du Saastal. Disons tout de suite que le problème de cette jonction ne laisse pas d'être assez difficile, en raison des écrasements qui sont intervenus et en raison de ce que cache l'importante couverture de glaciers et de moraines. Aussi la discussion nécessaire sera-t-elle mieux placée dans nos conclusions.

5° La limite commune des nappes du Mont Rose et du Grand Saint-Bernard demeure inchangée à l'W. du Triftgrätli et à l'E. du Schienhorn, mais entre ces deux points, c'est-à-dire sur une longueur voisine de 8 km., elle doit être déplacée vers le N. en une mesure variable, qui peut approcher de 4 km. sur certains diamètres de poussée, par exemple entre le Zwischbergental et le pied du contrefort E. du Laquinhorn (point 2764).

Divisions tectoniques. — D'après ce qui précède, il y a lieu de distinguer les unités tectoniques suivantes :

[1] Voir à ce sujet la note 1 de la page 44.

A) La nappe du Mont Rose [1] ou nappe V.

Cette nappe comprend, en allant de bas en haut et du S.E. au N.W. :

L'anticlinal plongeant du Latelhorn (en abrégé V_1);
La zone synclinale de Furggen;
L'anticlinal plongeant du Portjengrat (V_2);
La zone synclinale du Zwischbergenpass;
L'anticlinal plongeant du Weissmies (V_3);
La zone synclinale du Grundberg;
L'anticlinal plongeant de Saas-Grund (V_4).

La numérotation de V_1 à V_4 ne s'applique qu'aux *grosses* digitations de la nappe V et laisse délibérément de côté les digitations anticlinales minces, de caractère vermiculaire. La digitation V_1 et la zone de Furggen ne pénètrent pas dans notre territoire, mais passent plus au S. La zone de Furggen s'en approche pourtant de très près.

B) Le synclinal mésozoïque IV-V.

Cette zone, sujette par places à des écrasements, se poursuit en ligne générale Unter dem Berg-Triftgrätli-Laquintal-Gemeinalp. C'est le synclinal principal : il sépare les noyaux des deux grandes nappes.

C) La nappe du Grand Saint-Bernard ou nappe IV.

Sur notre territoire, cette nappe présente les plis en retour de Bidemji et du Balmhorn, ainsi qu'une mince zone synclinale mésozoïque près de la Cima d'Azoglio.

[1] Il n'est pas nécessaire de rappeler que dans l'empilement des nappes penniques, la nappe du Mont Rose (nappe V, Lugeon et Argand) occupe le rang immédiatement supérieur à celui de la nappe du Grand Saint-Bernard (IV, L. et A.) (**64**). — Dans les chapitres qui suivent, nous employons, pour désigner les deux grandes nappes, les abréviations plus récentes *Mr* (nappe du Mont Rose) et *Sb* (nappe du Grand Saint-Bernard) (**24**).

CHAPITRE PREMIER

LA NAPPE DU MONT ROSE

Généralités.

La nappe *Mr* occupe la plus grande partie de la région levée. A l'W. de la vallée de Saas, elle s'étend au S. du synclinal mésozoïque Zermatt-Strahlhorn-Rimpfischhorn-Allalinhorn-Egginer, et porte les imposants sommets du Mont Rose. A l'E. de la même vallée, les masses du Stellihorn, du Latelhorn, du Sonnighorn, du Portjengrat et du Weissmies lui appartiennent également. D'après Argand (**24**, p. 165), la nappe *Mr* comprend au moins dix digitations anticlinales plongeantes, dont deux principales, celle du Portjengrat et celle du Latelhorn (**4**, **11**). Ces dernières sont séparées par le synclinal du Furgtal qui est en dehors de notre région. Plus à l'E., sur territoire italien, la nappe *Mr*, grâce à la montée axiale au N.E., montre au jour son flanc renversé, et ses digitations flottent sur la zone mésozoïque de Bognanco-Antrona-Anzasca.

Nous avons vu qu'on peut, grâce à la présence de zones synclinales mésozoïques bien marquées, distinguer dans la nappe *Mr*, sur notre territoire, trois digitations anticlinales principales : celle du Portjengrat au S., celle du Weissmies au milieu et celle de Saas-Grund au N. Cette dernière est moins volumineuse que les deux précédentes. Entre les digitations du Weissmies et du Portjengrat, dans la région du Zwischbergenpass, se trouvent des digitations subordonnées, d'habitus vermiculaire, souvent tronçonnées en lentilles, et dont les noyaux anticlinaux sont marqués par des bandes de quartzites plus ou moins étirées et tronçonnées. Quant aux minces digitations à noyaux anticlinaux de quartzites triasiques et enveloppes de Trias calcaire, qui existent en alternances répétées et forment le faisceau qui passe un peu au N. de Saas-Fee (fig. 10), ce sont de menues digitations du flanc normal de *Mr*.

L'inclinaison axiale varie selon les régions de notre territoire : elle est en moyenne de 12°, par exemple, entre le point 3233 (S.W. du Trifthorn) et les environs du Plattje sur la rive gauche de la vallée de Saas. Mais dans la région qui va du Laquingletscher au Grauhorn, elle est d'environ 30°, avec W.S.W.-E.N.E. à S.W.-N.E. comme direction des plis.

Dans la région Thälihorn - Tossenhorn - Siebelenfluhhorn, la direction de l'anticlinal plongeant V_3 est sensiblement E.-W.

Les roches qui constituent le noyau anticlinal de *Mr* sont en très grande partie des paragneiss ou des orthogneiss, occupant,

chacun d'eux, une zone plus ou moins bien délimitée. Les orthogneiss, ordinairement de couleur claire et dont le matériel originel était granitique ou aplitique, forment le gros de la digitation du Portjengrat. Les paragneiss, par contre, se trouvent principalement dans les digitations du Weissmies et de Saas-Grund. A l'ordinaire, leur patine est gris sombre ou brune. Ils sont presque toujours chloriteux et grenatifères. Des orthogneiss dépendent les zones d'injection et d'imbibition; le degré de feldspathisation décroît en général, dans ces zones, à mesure qu'on s'éloigne des orthogneiss.

L'anticlinal plongeant du Portjengrat (V_2).

Site, rapports et digitations.

L'anticlinal plongeant du Portjengrat affleure par grandes surfaces dans la partie méridionale de notre territoire. Dans sa masse sont taillés l'Almagelhorn, le Sonnighorn, le Portjengrat ainsi que l'arête frontière qui, de là, se poursuit vers l'E. jusqu'à la Cima del Rosso (sommet S., 2620 m.). Au N., il est séparé de la nappe *Sb* par l'épaisse zone mésozoïque de la Gemein-Alp, et de la digitation du Weissmies par la zone du Zwischbergenpass.

A son bord méridional, V_2 est séparé, avons-nous dit, de la digitation du Latelhorn (V_1) par la zone mésozoïque du Furgtal [1].

Sur territoire italien, on retrouve la zone du Furgtal dans les parois orientales de l'Augstkummenhorn et du Sonnighorn; de là, la dite zone se continue le long du Val Loranco et finit par confluer, à l'E. de la Cima del Rosso, avec le synclinal IV-V.

Il convient de remarquer qu'au moment d'accomplir sa sortie axiale vers l'E., la digitation du Portjengrat se divise en trois digitations anticlinales secondaires qui sont, du S. au N. (fig. 17): *a)* la digitation de la Cima del Rosso; *b)* la digitation du Passo d'Andolla ; *c)* la digitation du Schwarz Tschuggen. La digitation *a* est séparée de *b*, un peu à l'W. du Pizzo del Busin, par un synclinal de roches vertes (p. 45). La digitation *b* est séparée de *c* par un synclinal de schistes lustrés qui passe entre Porcarescia et le Passo d'Andolla (p. 44).

Formations géologiques.

Les terrains qui constituent, dans les limites de la région, le pli plongeant du Portjengrat, peuvent être répartis, comme l'indique la légende de ma carte, en un certain nombre de formations.

[1] Cette zone, située tout entière hors du territoire de ma carte, s'en approche pourtant de fort près un peu au S. du Sonnighorn. Je l'ai examinée sur le terrain, peu au S. d'Augstkummen, où elle comprend des marbres dolomitiques puissants d'environ 20 m., ainsi que des amphibolites, le tout plongeant fortement au N. Au droit de Schönenboden on aperçoit à distance, sur le versant gauche du Furgtal, des roches sombres, sans doute des amphibolites, qui alternent avec des gneiss. Il s'agit de la continuation du complexe signalé par Eichenberger sur sa carte (**40**) sous la rubrique «Gneise mit Amphibolit».

Nous avons distingué :

A. Une formation essentiellement paragneissique, qui affleure dans la région du Sonnighorn et s'étend d'ailleurs aussi hors de mon territoire. Sur ma carte géologique, cette formation a reçu la teinte brun clair avec points bleus, et la légende suivante : « *Paragneiss de texture grossière, à muscovite, chlorite et grands porphyroblastes de grenat avec couronnes kélyphitiques.* » La formation admet, par places, des gneiss d'injection veinés, d'ailleurs fort rares dans ma région. Elle renferme de minimes intercalations d'amphibolites et de prasinites, signalées par la légende.

Le type pétrographique qui domine dans cette formation, pour autant qu'elle est comprise dans notre carte, est brièvement décrit et désigné, dans la suite, sous le nom de paragneiss du *Sonnighorn* (p. 17).

B. Une formation essentiellement faite de gneiss d'imbibition (et pour une moindre part, de gneiss veinés d'injection). Son domaine principal se trouve dans la région de l'Almagelhorn. Sur la carte, elle est indiquée par la teinte brun clair avec points rouges, et la légende porte : « *Gneiss d'imbibition et d'injection à muscovite, biotite, chlorite, grenats, et parfois tourmaline. Avec masses subordonnées de paragneiss et d'orthogneiss.* »

Le type pétrographique qui domine dans cette formation est brièvement décrit et désigné, dans la suite, sous le nom de gneiss d'imbibition de l'*Almagelhorn* (p. 17).

C. Un ensemble essentiellement orthogneissique. Les orthogneiss, très dominants en volume, se présentent sous deux groupes de faciès, dont le premier (C_1) est figuré, sur notre carte, par la teinte rose, avec la légende que voici : « *Orthogneiss dérivant de granites (parfois granites basiques) et d'aplites; à muscovite (ou mica vert clair) et parfois biotite; avec zoïsite (ou pistazite).* » Le second groupe de faciès (C_2) est représenté, sur la carte, par la teinte rose avec points rouges; il est légendé comme suit : « *Orthogneiss avec reliquats granito-porphyriques; à muscovite (ou mica vert clair), parfois avec biotite* [1]. » C_1 et C_2 sont unis, sur le terrain, par des transitions ménagées. Le type pétrographique qui domine dans le groupe C_1 est désigné, dans la suite, sous le nom d'orthogneiss du *Portjengrat*; on en trouvera la diagnose à la p. 15. Quant au type qui domine dans le groupe C_2, il est désigné plus loin sous le nom d'orthogneiss granito-porphyrique (type *Mittelrück*), et sa diagnose se trouve à la p. 16. — Des amphibolites s'intercalent en quantité minime dans C_1 à l'W. du Passo d'Andolla, et dans C_2 au S.W. du point 3345, région du Sonnighorn, où elles sont accompagnées de prasinites.

[1] La présence sur la carte, à côté de *Mr*, de l'indication *Sb* dans ces deux articles de la légende s'explique par le fait que la nappe du Grand Saint-Bernard montre elle aussi, dans les limites de notre territoire, un ensemble orthogneissique très semblable à celui dont il est question ici même (voir p. 48-49).

D. Un groupe de paragneiss qui ressemblent de fort près à ceux que nous mentionnons plus loin, de la digitation V_3, sous le nom de « paragneiss du Weissmies » (p. 27). Cette référence nous dispense de donner ici même un signalement détaillé; nous dirons seulement qu'il s'agit de gneiss menus à muscovite (ou à deux micas), chlorite et grenat. — Quant à la distribution, ces paragneiss se présentent en bandes étroites, mais de grande longueur, intercalées dans l'ensemble C. L'une de ces bandes émerge des dépôts glaciaires un peu en amont de l'hôtel Almagelalp et se continue dans le Weisstal, où elle se divise en deux branches qu'on retrouve sur le Portjenhorn, la branche septentrionale passant au sommet même [1]. Dans la paroi N.E. du bloc Portjenhorn-Portjengrat, on voit ces bandes sombres, toujours intercalées dans les orthogneiss, descendre jusqu'au Gemein-Alp Gletscher. Il est possible qu'elles se continuent au delà, car des bandes semblables s'intercalent dans les orthogneiss à l'E. du glacier. Dans la plus septentrionale de ces dernières bandes, qui se trouve sur la rive droite du glacier près de son extrémité actuelle, il existe des intercalations d'amphibolites anciennes que ma carte signale (voir aussi pl. II, fig. 1).

Diagnoses de types pétrographiques.

La digitation V_2 présente, dans les limites de notre région, quatre types pétrographiques principaux que nous rangeons, dans ce qui suit, selon l'ordre de fréquence décroissante, et autour desquels nous groupons certains types plus rares.

L'orthogneiss du Portjengrat (en abrégé O_p) est le type qui domine dans l'ensemble désigné ci-dessus (p. 14) par C.

En grand, la roche est souvent divisée par gros « bancs » de $0^m,50$ à 1 m. d'épaisseur, recoupés par des joints souvent plus ou moins perpendiculaires. Ces conformations sont évidemment d'origine mécanique.

A l'échelle proprement macroscopique, la couleur d'ensemble est claire. Les textures sont en général plutôt grossières, nettement parallélisées. On trouve ou non, suivant les échantillons, l'habitus en fuseau que le laminage confère à certains individus de feldspath ou à certains nids de minéraux blancs (quartz et feldspath). En ces cas, les membranes micacées, essentiellement faites de muscovite, s'adaptent aux fuseaux, c'est-à-dire qu'elles en épousent les contours.

[1] Signalons encore le fait que la branche méridionale renferme, dans le Weisstal, un gneiss menu, d'un vert prononcé et d'un type assez spécial. C'est un gneiss albito-chlorito-muscovitique, grenatifère. La chlorite dérive d'une biotite dont il y a quelques reliquats. Cette roche renferme un carbonate visible à l'œil nu sous forme de taches brunes mouchetées; sous le microscope, le relief très élevé et un léger pléochroïsme montrent qu'il s'agit de sidérose. — Ces gneiss à sidérose se retrouvent à peu de distance au S. du Zwischbergenpass dans les trois bandes marquées P_2 sur notre fig. 3, p. 23. Une coupe mince provenant de cette région montre, outre les minéraux susmentionnés, de la pistazite et de la tourmaline.

Sous le microscope, structure en grosse mosaïque de quartz et feldspaths. Il y a trois feldspaths principaux : albite, orthose et microcline. Ce dernier est souvent abondant et à structure grillagée. Fréquemment, l'albite l'emporte en quantité sur les autres feldspaths. La muscovite est toujours un minéral essentiel; elle se distribue, d'ordinaire, en membranes bien marquées. Dans la plupart des coupes examinées, la biotite n'est qu'accessoire; elle joue parfois, cependant, un rôle assez important. La roche originelle était sans doute un granite.

Un second type, existant en quantité subordonnée, ressemble par ses textures au précédent, mais il s'en distingue, même à l'œil nu, par la présence, à côté de la muscovite et de la biotite, d'un mica vert. Sous le microscope, le plagioclase est plus basique que dans le type précédent : l'albite a cédé le pas à un oligoclase basique ou même à une andésine. En outre, la zoïsite, ou même la pistazite, se présente comme minéral accessoire. Ces faits nous amènent à penser que la roche originelle était ici un granite basique, de type probablement granodioritique.

Les orthogneiss du Portjengrat renferment souvent des parties plus claires et plus acides, d'origine aplitique : c'est particulièrement le cas sur le versant droit de l'Almagelertal. Par places, ils sont traversés par des filons de pegmatite à tourmaline. Près de la Furgalp en Furgtal, des cristaux de ce dernier minéral atteignent 10 cm. de longueur.

L'orthogneiss granito-porphyrique (type Mittelrück) (en abrégé O_m). — La roche diffère du type O_p par la texture porphyrique, plus ou moins modifiée par le laminage et la recristallisation, mais en général nettement reconnaissable. Les feldspaths existent, bien entendu, sous deux habitus : comme éléments de la masse fondamentale et comme phénocristaux. En phénocristaux se rencontrent, outre le microcline qui est fréquent, de l'orthose avec belles mâcles suivant la loi de Carlsbad. Les phénocristaux de feldspath s'alignent fréquemment dans la direction d'étirement, en donnant des fuseaux de calibre très variable, les plus grands pouvant atteindre 5 cm. de longueur, ce qu'on constate, par exemple, au Mittelrück. Les micas sont en membranes bien marquées, planes ou contournées par adaptation aux fuseaux. A la différence du type O_p, le type O_m est riche en biotite, laquelle égale parfois en quantité la muscovite. Du grenat, en quantité très accessoire, apparaît parfois, ce qui n'est pas le cas dans le type O_p.

Dans certaines variétés, la muscovite est remplacée par un mica vert clair, en même temps qu'apparaît un peu de zoïsite ou de pistazite.

Le type O_m n'est en somme qu'un faciès particulier du type O_p auquel, d'ordinaire, il passe graduellement. Son extension sur le terrain est limitée : on le voit au Mittelrück, sur les arêtes N. et S. du Portjengrat et au Sonnighorn. Mais le type O_p est plus répandu.

Il domine dans la vallée d'Almagel et dans le massif du Portjengrat, et il forme la plus grande partie de l'arête frontière Portjengrat — Passo d'Andolla — Cima del Rosso.

Le gneiss d'imbibition de l'Almagelhorn (en abrégé P_a). — Nous donnons ce nom à un gneiss d'imbibition qui constitue, en volume, la plus grande partie du complexe défini sous B (p. 14). Macroscopiquement, la couleur d'ensemble est nettement plus sombre que dans O_p et O_m, la texture moins grossière, de grain modéré; une patine mordorée apparaît fréquemment, surtout sur le plat. A l'inverse de ce qui arrive pour beaucoup de nos paragneiss fins, une bonne partie des constituants peut être individuellement reconnue à l'œil nu : quartz, orthose avec mâcles de Carlsbad, etc.; parfois aussi grenat, tourmaline. Sous le microscope, orthose, plagioclases acides, quartz, muscovite, biotite, grenat. Les deux micas sont d'ordinaire en quantité à peu près égale. Le grenat est en grains ou en porphyroblastes. La chlorite ne fait presque jamais défaut, mais il est rare qu'elle abonde. Elle entoure parfois les grenats, en couronnes kélyphitiques. La pistazite et la tourmaline sont fréquentes.

Le type P_a forme la plus grande partie de la masse de l'Almagelhorn. Il domine aussi dans les pentes à l'W. du Rothplattgletscher. Comme on le voit sur ma carte, son aire est presque entièrement entourée par des orthogneiss.

Nous rappelons qu'aux gneiss d'imbibition qui dominent dans la formation B (p. 14) s'associent des gneiss d'injection proprement dits, dans lesquels des bandes relativement sombres, mais plus ou moins imbibées, alternent avec des veines claires de matériel quartzo-feldspathique injecté.

Le paragneiss du Sonnighorn (en abrégé P_s). — Ce type est celui qui domine dans la formation A (p. 14). A l'œil nu, texture parallèle très nettement exprimée. Le grain, de calibre modéré, est cependant assez gros, à l'ordinaire, pour permettre la diagnose individuelle d'un certain nombre de constituants. Les traînées quartzo-feldspathiques sont revêtues, sur le plat, par des membranes de muscovite et de chlorite. La chlorite existe aussi, d'ordinaire, en amas vert foncé entourant des porphyroblastes de grenat : il va de soi que ces associations kélyphitiques sont perçues en moins grand nombre que sous le microscope. Assez souvent, le grenat est petit et on ne distingue à l'œil nu, dans ces amas, que de la chlorite. Certaines variétés montrent la chlorite seulement sous son habitus lamellaire, les associations kélyphitiques faisant défaut. Il y a parfois un peu de tourmaline.

Sous le microscope, quartz, albite [1], muscovite, grenat, chlorite.

[1] Divers individus ont donné, en sections perpendiculaires à (001) et (010), des extinctions de 13 à 11 degrés dans l'angle obtus, ce qui correspond à des teneurs en anorthite variant de 4 à 8 %.

Porphyroblastes de grenat entourés par des couronnes kélyphitiques de chlorite. Il y a un peu de biotite accessoire.

Sur notre territoire, le type P_s n'a qu'une extension limitée. Il se trouve surtout dans la région du Sonnighorn, y compris les arêtes N. et W.

En deux régions, soit au col 3155 m. sur l'arête N., et dans les parages du point 3345 sur l'arête W. du Sonnighorn, le type P_s est en rapport avec des orthogneiss. Dans la seconde de ces régions, le type P_s et le type O_m se présentent en alternances repliées, avec de belles charnières (fig. 1).

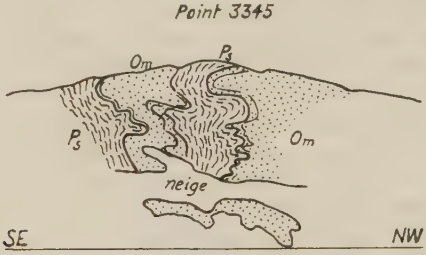


Fig. 1. Relations entre le paragneiss P_s et l'orthogneiss O_m sur l'arête Ouest du Sonnighorn.

Amphibolites et prasinites anciennes intercalées dans les gneiss. — Nous avons vu plus haut (p. 14, 15) que des amphibolites s'intercalent en masses minimes dans plusieurs des formations gneissiques de la digitation V_2 : c'est le cas, 1° dans les paragneiss de la formation A, au Sonnighorn; 2° dans les orthogneiss du groupe C_1, à l'W. du Passo d'Andolla, où la masse en est relativement grande; 3° dans les orthogneiss du groupe C_2 près du point 3345 (région du Sonnighorn); 4° dans les paragneiss du groupe D, à l'E. du Gemein-Alp Gletscher. Dans le premier et le troisième cas, les amphibolites nous ont paru être accompagnées d'un peu de prasinites [1].

Un échantillon récolté à 2 ou 3 m. au N. du sommet du Sonnighorn montre sous le microscope : structure diablastique; amphibole dominante, en grands prismes ou en acicules, avec polychroïsme n_p vert-jaune, n_m vert, n_g vert bleuâtre, extinction $c : n_g \geqq 22°$, signe optique négatif; albite, abondante encore, avec inclusions poïkiloblastiques d'amphibole aciculaire; clinozoïsite;

[1] Les prasinites sont, comme on le sait, des dérivés cristallophylliens de roches éruptives proprement basiques, dérivés qui sont caractérisés par la dominance de l'albite parmi les minéraux essentiels. Les autres minéraux essentiels appartiennent aux groupes des chlorites, des amphiboles et des épidotes, et ces trois derniers minéraux sont susceptibles de se remplacer les uns les autres en proportions variables. Quand l'un des trois l'emporte en quantité sur les deux autres, on a les prasinites chloriteuses, ou les prasinites amphiboliques, ou les prasinites épidotiques (**74**).

accessoirement biotite, mica blanc, chlorite, sphène. La roche est une amphibolite feldspathique.

Un autre échantillon, prélevé à environ 150 m. à l'W. du sommet du Sonnighorn, sur l'arête, montre sous le microscope : structure diablastique; amphibole dominante, en grands prismes ou en acicules, avec polychroïsme n_p vert-jaune pâle, n_m vert foncé, n_g vert-bleu foncé, extinction $c : n_g \geqq 27°$, signe optique négatif; albite comme ci-dessus; clinozoïsite; accessoirement magnétite. La roche est une amphibolite feldspathique.

Sur l'arête N. du Sonnighorn, à environ $0^{km},9$ du sommet, près du point 3155, un peu de roches vertes se trouve entre les paragneiss P_s et les orthogneiss O_p. A l'œil nu, texture nettement parallèle; albite et amphibole verte; l'abondance de la première et son apparition en porphyroblastes ocellaires annoncent une prasinite. L'habitus ocellaire est d'ailleurs mieux marqué sur la section en travers que sur la section en long, où l'albite se dispose plutôt en traînées. Sous le microscope : structure poïkiloblastique; albite dominante, à inclusions d'amphibole aciculaire; amphibole en grands prismes (et plus rarement en acicules) avec polychroïsme n_p vert-jaune pâle, n_m vert, n_g vert-bleu, extinction $c : n_g \geqq 20°$, signe optique négatif; clinozoïsite avec passages à la pistazite; accessoirement biotite, chlorite, magnétite, sphène. La roche est une prasinite amphibolique.

De la formation C, une amphibolite récoltée un peu à l'W. du Passo d'Andolla montre, à l'œil nu, une texture finement parallélisée à bandes vertes et bandes claires alternantes. Sous le microscope : structure diablastique; amphibole d'habitus prismatique (ou plus rarement aciculaire) avec polychroïsme n_p jaune, n_m vert, n_g vert-bleu foncé, extinction $c : n_g \geqq 25°$, signe optique négatif; albite avec mâcles rares et inclusions poïkiloblastiques, relativement peu nombreuses, d'amphibole aciculaire; grenat en porphyroblastes; accessoirement magnétite, clinozoïsite, biotite, chlorite; cette dernière étant rare et intimement associée au grenat. La roche est une amphibolite feldspathique grenatifère.

La zone synclinale du Zwischbergenpass.

Site et composition.

Cette zone, qui appartient essentiellement à la série pennique moyenne, est composée de Trias calcaréo-dolomitique, de schistes lustrés et de roches vertes. Elle s'étend du Hörnlenen, région située à l'W. du Zwischbergenpass, jusqu'à la Siebelenfluh, au-dessous du glacier de la Gemein-Alp, sur une longueur d'environ 4 km. avec une largeur maximum de 750 m. Elle est profondément divisée en synclinaux de détail par un certain nombre de lames anticlinales plongeantes, vermiculaires, anticlinaux dont le

cœur, formé de quartzites feldspathiques avec ou sans quartzites banaux, appartient à la série pennique inférieure, et s'enveloppe souvent de Trias calcaréo-dolomitique. Ces cœurs et leur enveloppe calcaréo-dolomitique, quand elle existe, sont sujets aux reploiements, étirements et tronçonnements en lentilles qui sont de règle dans les dispositifs vermiculaires. Strictement parlant, les cœurs sont des dépendances des grandes masses anticlinales voisines et devraient être traités en même temps que celles-ci. Mais comme cela compliquerait notablement notre exposé, nous préférons les décrire ici, en compagnie de leur emballage formé par la série pennique moyenne.

Eléments stratigraphiques des implications anticlinales appartenant à la série pennique inférieure.

Quartzites feldspathiques. — Sur le replat de la Siebelenfluh, sous l'arête S. du Thälihorn et dans les environs du Zwischbergenpass, on trouve, ordinairement entre le Trias calcaréo-dolomitique ou quartzitique et les gneiss anciens, un niveau particulier formé de quartzites riches en feldspath (Gneisquarzite), à texture parallèle bien marquée et soulignée par de la muscovite. Ces roches, de couleur gris clair, se distinguent bien, macroscopiquement, des quartzites ordinaires. Elles montrent sous le microscope : quartz dominant, tantôt en grosses mosaïques, les sutures de quartz à quartz étant parfois sinueuses, tantôt en purées fines; feldspath, souvent plagioclase acide (9 à 15 % An), parfois accompagné de microcline; muscovite en traînées plus ou moins alignées; puis, comme minéraux accessoires : clinozoïsite, et parfois pistazite (rare), biotite, chlorite, sphène, zircon (rare). — Du glacier de la Gemein-Alp émerge un rocher que ma carte indique et qui montre des quartzites du même genre, mais plus riches en muscovite et plus pauvres en feldspath.

Les quartzites feldspathiques sont plus jeunes que le gros des paragneiss, lequel forme des enveloppes plus intérieures dans les plis plongeants. L'âge des quartzites feldspathiques, estimé un peu en gros d'après leur position stratigraphique habituelle, est probablement le Permien; ils appartiennent en tout cas à un horizon élevé de la série pennique inférieure.

Quartzites du Trias inférieur. — Comparés aux précédents, ces quartzites sont relativement compacts; toutefois, leur foliation est encore bien apparente. Ils renferment un peu de muscovite et atteignent par places 50 m. de puissance. Ils sont blancs ou gris clair et de texture assez fine. Ils affleurent en bandes fort résistantes que l'érosion a découpées en aiguilles alignées, au pied desquelles s'accumulent leurs débris délités en plaquettes.

Je n'ai pas rencontré, dans la zone du Zwischbergenpass, de quartzites franchement compacts tels qu'il en existe fréquemment dans le Trias inférieur d'autres régions penniques.

Eléments stratigraphiques de la série pennique moyenne.

Trias calcaréo-dolomitique. — On sait que dans de grandes parties de la zone pennique, ce niveau est normalement compris entre les quartzites du Trias inférieur, au-dessous, et les schistes lustrés au-dessus. Par suite de complications tectoniques, il se présente souvent, d'ailleurs, en lames ou en lentilles perdues dans les schistes lustrés. D'après nos constatations, ces deux types de relations du Trias calcaréo-dolomitique sont représentés, selon les lieux, dans la zone du Zwischbergenpass. Dans cette dernière, le Trias calcaréo-dolomitique existe sous deux faciès : *marbres* plus ou moins dolomitiques et *cornieules*. Les marbres sont ordinairement d'un blanc jaunâtre et de texture tantôt compacte, tantôt feuilletée. Sous le microscope, ils montrent d'habitude, dans la mosaïque de carbonates qui prédomine, un peu de quartz et de muscovite. Les cornieules sont caractérisées, comme d'ordinaire, par l'habitus celluleux. Elles renferment souvent des fragments anguleux de schistes cristallins micacés anciens ; la roche est alors une brèche. A la différence des marbres, les cornieules sont dépourvues de stratification. Elles sont modelées en pitons ou en petites tours dont le pied est parfois recouvert d'une terre résiduelle dont la couleur jaune-brun est visible de loin. Elles renferment par places des poches de gypse.

Schistes lustrés. — Ce sont principalement des calcschistes à mica blanc dans lesquels s'intercalent, par places, des calcaires cristallins. Calcschistes et calcaires cristallins renferment, outre la calcite, du quartz et de la muscovite accessoires.

Roches vertes. — On sait que dans la série pennique moyenne, les roches vertes se présentent d'ordinaire en intercalations parallèles dans les schistes lustrés ou dans le Trias calcaire. C'est le cas, en particulier, pour notre zone du Zwischbergenpass. Quelquefois aussi, j'ai rencontré des intercalations de roches vertes en contact, d'un côté, avec des gneiss anciens, et de l'autre avec des terrains mésozoïques sédimentogènes (voir la carte géologique).

Les roches vertes prises dans la zone mésozoïque du Zwischbergenpass sont des amphibolites feldspathiques auxquelles s'associent, en moindre quantité, des prasinites.

Une amphibolite feldspathique recueillie à l'W. du Zwischbergenpass (coordonnées du point sur la carte : 644,6 — 106,7) montre au microscope, comme minéraux essentiels, une amphibole verte dominante, en grands prismes ou en acicules, et de l'albite avec inclusions poïkiloblastiques d'amphibole; comme minéraux accessoires, de la biotite en quantité encore importante, du grenat, de la chlorite, de la zoïsite, de la magnétite, du sphène, de la calcite. L'habitus d'ensemble est diablastique.

Parmi les prasinites de la zone du Zwischbergenpass dominent

des prasinites amphiboliques. Un échantillon provenant de l'arête S. du Thälihorn montre sous le microscope : albite dominante, avec inclusions poïkiloblastiques d'amphibole; amphibole en grands prismes (ou aciculaire) avec polychroïsme n_p vert-jaune pâle, n_m vert, n_g vert-bleu foncé, extinction $c : n_g \geqq 22°$, signe optique négatif; clinozoïsite, pistazite; biotite, chlorite, magnétite, etc. Il existe aussi dans notre zone des prasinites chlorito-amphiboliques. Elles sont caractérisées, à l'égard des prasinites amphiboliques proprement dites, par une moindre proportion d'amphibole avec plus de chlorite [1].

Observations détaillées.

Aux environs du Zwischbergenpass. — Quand, du replat couvert de moraines situé à l'E. du Zwischbergenpass, on regarde, vers l'W., les parois abruptes que domine l'arête dont fait partie le col, on aperçoit d'abord sur la gauche (pl. II, fig. 2) des couches sombres et peu résistantes : ce sont des schistes lustrés qui forment la partie inférieure de ces parois et plongent au S.W. Des masses claires d'orthogneiss, à patine rougeâtre, recouvrent directement les schistes lustrés. Tout à gauche, pas très loin du Portjenhorn, les schistes lustrés dessinent la courbure d'un synclinal plongeant qui passe en tunnel sous l'orthogneiss. On voit au milieu du tableau, entre l'orthogneiss et les schistes lustrés, une bande de prasinites recourbée en deux branches; la branche supérieure se coince vers le S., entre l'orthogneiss et des paragneiss qui sont, à leur tour, coincés entre ces mêmes prasinites au-dessus et les schistes lustrés au-dessous. Quant aux prasinites de la branche inférieure, elles reposent aussi sur des schistes

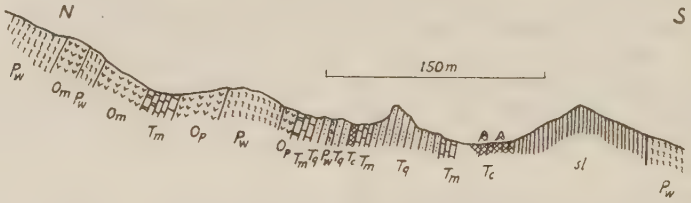


Fig. 2. Coupe géologique près du Zwischbergenpass.

sl, calcschistes. — Tc, cornieules, formant des clochetons. — Tm, marbres et dolomies. — Tq, quartzites en plaquettes. — Pw, paragneiss du type Weissmies. — Op, orthogneiss du type Portjengrat. — Om, orthogneiss granito-porphyrique.

[1] Voici, à titre d'exemple, la brève diagnose microscopique d'une prasinite chlorito-amphibolique provenant de la Siebelenfluh : albite abondante, voisine de 9 % An, en gros porphyroblastes avec nombreuses inclusions poïkiloblastiques consistant principalement en amphibole; amphibole en grands prismes ou en acicules allongés, avec polychroïsme n_p vert-jaune pâle, n_m vert clair, n_g vert-bleu clair, extinction $c : n_g \geqq 24°$, signe optique négatif; chlorite en lamelles et en houppes; clinozoïsite.

lustrés par l'intermédiaire de cornieules qui sont très amincies à gauche, mais qui deviennent de plus en plus épaisses vers la droite. En montant au col, on aperçoit à droite le sommet 3360, en schistes lustrés. Plus au N., l'arête S. du Weissmies montre la coupe très nette représentée par notre fig. 2.

On voit donc qu'il passe ici, entre le gneiss du Zwischbergenpass et la grosse digitation du Weissmies, au moins trois minces anticlinaux.

En descendant vers l'W. sur l'autre versant du col, on a d'abord à droite l'arête 3360-3214 qui offre la coupe suivante : 8) schistes lustrés du point 3360; 7) paragneiss; 6) orthogneiss; 5) paragneiss; 4) schistes lustrés en une bande très mince (environ 1 m.); 3) amphibolites feldspathiques; 2) paragneiss; 1) orthogneiss de Hörnlenen (grande épaisseur). Localement, 4 bute contre 3 par suite d'une faillette verticale de faible rejet.

Au S. de l'arête susmentionnée, la zone principale des schistes lustrés forme une sorte de méplat, puis disparaît à l'W.S.W. sous

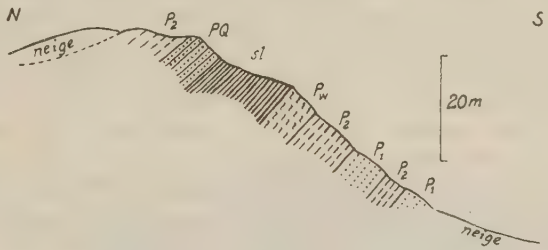


Fig. 3. Coupe géologique au Sud-Ouest du Zwischbergenpass.

sl, calcschistes. — PQ, quartzites feldspathiques. — P_w, paragneiss de type Weissmies. — P_1, gneiss très micacé. — P_2, gneiss vert albito-chlorito-muscovitique avec sidérose (voir p. 15, note 1).

les moraines du Weisstal. Son inclinaison axiale se fait dans le même sens. Je n'en ai pas trouvé de traces dans la région gneissique de Giw. La fig. 3 donne la coupe que j'ai observée au S. du méplat en question. Ce dernier est à gauche en haut de la figure. Ensuite vient une arête de gneiss, puis, en continuant la coupe vers le S. et le bas, des quartzites feldspathiques, des schistes lustrés et de nouveaux gneiss plongeant au N.

Les gneiss et les quartzites feldspathiques qui recouvrent les schistes lustrés forment une tête anticlinale plongeante, et cette bande de schistes lustrés est identique au synclinal plongeant, en forme de tunnel, déjà mentionné p. 22. Les gneiss précités sont donc la continuation occidentale des gneiss que nous avons vu, en décrivant les parois tournées à l'E. vers le glacier de la Gemein-Alp, recouvrir les schistes lustrés dans la région du petit sommet qui est au S. du point 3248 (pl. II, fig. 2).

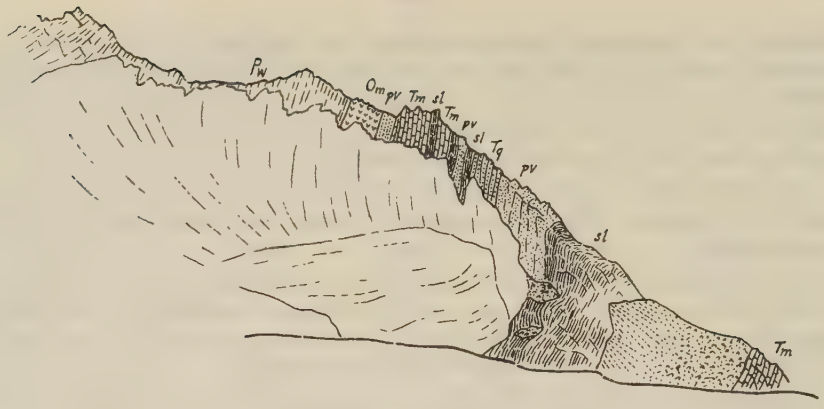


Fig. 4. Esquisse géologique de l'arête Sud du Thälihorn, vue de l'Ouest.
pv, prasinites amphiboliques. — sl, schistes lustrés. — T_m, marbres. — T_q, quartzites. — P_w, paragneiss du type Weissmies. — O_m, orthogneiss granito-porphyrique.

Sur l'arête Sud du Thälihorn. — La zone du Zwischbergenpass se prolonge vers l'E. dans l'arête S. du Thälihorn et offre une bonne coupe (fig. 4). Du côté W. de l'arête, l'allure générale des couches est proche de la verticale. Mais du côté E., les couches plongent fortement au S., comme le montre la fig. 1 de la pl. II. La même figure montre une bande principale de marbres triasiques, avec divers replis de détail. Plus au S., comme le fait voir ma carte géologique, les schistes lustrés logent des lames étirées et tronçonnées de marbres et de quartzites, avec une grande variété d'habitus vermiculaires.

Un peu à l'E. et au-dessous de l'arête qu'on vient de décrire se trouve une paroi rocheuse (coordonnées des points extrêmes 646,25 — 107,20 et 646,35 — 107,65) entourée de moraines et d'éboulis. La structure de cette paroi est très compliquée, comme on en peut juger par la fig. 5. Il est à noter qu'ici les quartzites feldspathiques se répètent plusieurs fois en lames dans les

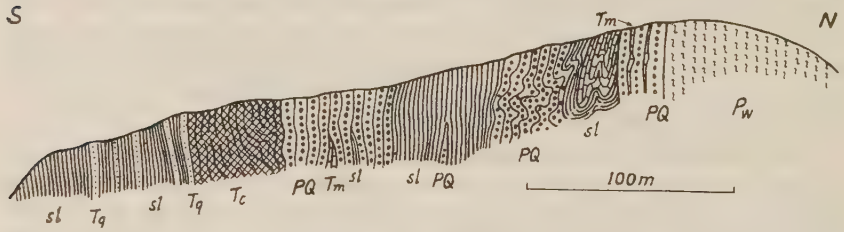


Fig. 5. Complications tectoniques dans la paroi située à l'E. de l'arête S. du Thälihorn
(coordonnées des points extrêmes: 646,25—107,20 et 646,35—107,65).
sl, schistes lustrés. — T_c, cornieules. — T_m, marbres. — T_q, quartzites. — PQ, quartzites feldspathiques. — P_w, paragneiss du type Weissmies.

schistes lustrés, avec ou sans accompagnement de Trias. Il s'agit ici de plusieurs anticlinaux de caractère vermiculaire, étroitement pressés les uns contre les autres. On observe par places, comme il se voit notamment à droite de la figure, des bandes étirées et très minces de marbres triasiques, pincées entre des quartzites feldspathiques.

En descendant du Zwischbergenpass vers l'E., on aperçoit sur la rive gauche du glacier les marbres dolomitiques du Trias, affectés d'un repli convexe vers le haut; au cœur de cette charnière apparaissent, sous le Trias, les schistes lustrés formant tunnel. Entre ceux-ci et le Trias se trouve une intercalation de prasinites.

Coup d'œil d'ensemble sur la zone du Zwischbergenpass.

Il est possible, malgré les difficultés qu'apportent de grandes surfaces de glacier et de moraines, et malgré la multiforme complication à petite échelle qui résulte de la présence des digitations vermiculaires et de leurs reploiements, laminages, étirements, tronçonnements lenticulaires, etc., de reconnaître jusqu'à un certain point les relations qui existent entre ces menus objets

Fig. 6. Esquisse tectonique de la partie occidentale de la zone du Zwischbergenpass.

En blanc: noyaux anticlinaux (série pennique inférieure). — En noir: régions synclinales (série pennique moyenne). — Du S. au N.: V_2, anticlinal plongeant du Portjengrat. — 1, synclinal plongeant (formant tunnel sous l'arête d'orthogneiss du Portjenhorn). — *a*, anticlinal d'orthogneiss et de paragneiss. — 2, synclinal plongeant. — *b*, anticlinal plongeant, principalement en orthogneiss, avec digitations subordonnées *b'* et *b''*. Le Zwischbergenpass (3272 m.) se trouve sur cet anticlinal. — 3, synclinal plongeant, fracturé près de son extrémité (3', arête 3360-3214) par une faillette. — *c*, anticlinal plongeant (au S.W. du point 3360). — 4, synclinal plongeant (point 3360). — *d*, anticlinal (quartzites), avec *d'*, partie reployée du même. — 5, synclinal. — *e*, anticlinal (paragneiss et quartzites). — 6, synclinal. — *f*, anticlinal (quartzites, au S. du point 3434). — 7, synclinal. — *g*, anticlinal vermiculaire, à noyau de quartzites feldspathiques (région au S. du Thälihorn). — V_3, anticlinal plongeant du Weissmies. — Les anticlinaux *a*, *b* et *c* (formés de gneiss) sont de forme trapue; les anticlinaux *d*, *e*, *f* et *g* (à noyaux de quartzites) sont de forme déliée.

tectoniques. C'est ce que nous avons tenté de montrer [1], pour la partie occidentale de la zone, dans l'esquisse tectonique fig. 6.

Quant à la partie orientale, le même style tectonique se présente sur l'esplanade de la Siebelenfluh où des anticlinaux déliés, dont les noyaux se composent de quartzites feldspathiques, sont pincés dans les schistes lustrés et dans les marbres triasiques.

L'anticlinal plongeant du Weissmies (V_3).

Site, rapports et digitations.

L'anticlinal V_3 forme une zone nettement délimitée qui va du thalweg de la vallée de Saas au Grundberg, et de là, en s'infléchissant vers le N.E., au Trifthorn et au Weissmies. Au delà de ce dernier sommet, l'anticlinal se divise en deux digitations : 1° la digitation méridionale, qui comprend le chaînon Thälihorn-Tossenhorn-Siebelenfluhhorn; cette digitation est recoupée, près de son extrémité E., par une faille transversale au delà de laquelle on trouve encore deux têtes de gneiss plantées dans les roches vertes; 2° la digitation septentrionale, qui constitue l'arête N. du Weissmies et la partie inférieure des parois E. du Laquinhorn.

Formations géologiques.

Les terrains qui constituent le pli plongeant du Weissmies peuvent être répartis, comme l'indique la légende de ma carte géologique, en un certain nombre de formations.

Nous avons distingué :

E. Un ensemble principalement paragneissique. Cet ensemble forme presque tout le pli plongeant V_3 et notamment la région du Weissmies. Il est figuré, sur notre carte géologique, en brun clair, avec la légende suivante : « *Paragneiss à muscovite (ou muscovite et biotite), chlorite, grenats etc., souvent associés à des gneiss d'imbibition feldspathique (avec ou sans tourmaline) auxquels ils passent sans limite tranchée.* » Le type pétrographique le plus répandu dans cette association est caractérisé un peu plus bas (p. 27) et désigné sous le nom de paragneiss du *Weissmies*.

Une imbibition feldspathique modérée est assez largement diffusée dans ces paragneiss, et on peut ajouter qu'elle s'intensifie par places. En certaines régions limitées, on voit même s'associer, aux gneiss proprement imbibés, des gneiss d'injection veinés.

[1] Les raccords entre objets minces indiqués par cette esquisse sont en majorité certains ou probables. Mais en raison des difficultés susmentionnées, quelques-uns de ces raccords peuvent prêter à discussion, par exemple dans le cas de certains replis du dispositif *g*. On doit en dire autant, bien entendu, de nos représentations du même dispositif sur l'esquisse tectonique accompagnant la carte géologique, et sur la fig. 17.

Notre carte distingue ces régions, quand leur surface est un peu grande, par des traits rouges discontinus apposés sur fond brun clair, avec la légende : *« Gneiss d'injection (Mr : Est de Saas-Grund; Siebelenfluhhorn). »*

F. Un ensemble essentiellement orthogneissique, qui paraît être limité à une petite partie de la région Thälihorn-Tossenhorn-Siebelenfluhhorn, et où le type le plus répandu est un orthogneiss fort semblable au type Portjengrat (O_p). Cet ensemble a reçu, sur notre carte géologique, la même teinte rose que l'ensemble C_1 de la digitation V_2.

Diagnoses de types pétrographiques.

Le paragneiss du Weissmies (en abrégé P_w). — Le type que nous nommons ainsi présente une vaste distribution. C'est naturellement un type moyen, mais les variations qui s'exécutent autour de ce type sont, à tout prendre, assez peu étendues, de sorte qu'on a affaire à un degré relativement élevé d'uniformité [1].

C'est un gneiss albito-chlorito-muscovitique à texture nettement parallélisée, de grain moyen [2]. Sous le microscope, les minéraux essentiels sont le quartz, l'albite, la muscovite et la chlorite, presque toujours accompagnés d'un grenat d'habitus ordinairement porphyroblastique. Il y a assez souvent un peu de biotite; assez régulièrement aussi un peu de sphène et de petits zircons. Magnétite assez fréquente. Dans une minorité de coupes minces, zoïsite, ordinairement rare, en grains de très basse biréfringence. Dans quelques coupes, pigment charbonneux.

Le paragneiss P_w présente assez fréquemment des variétés à tourmaline. Dans d'autres variétés, il y a enrichissement notable en albite. Ces formes suggèrent le passage à des types plus imbibés sous l'influence des agents minéralisateurs.

Le paragneiss P_w se relie, par des variétés assez riches en biotite, à d'autres formes dans lesquelles ce minéral devient le mica dominant. Nous ne comprenons pas ces formes dans le type P_w entendu au sens le plus strict. Il s'agit ici de gneiss à biotite ou à deux micas, dont la texture est ordinairement plus fine que celle du vrai P_w. L'étude microscopique y révèle des traces assez évidentes d'imbibition : abondance relative en feldspath, quartz pneumatolytique donnant lieu à des structures en crible (« Siebstrukturen »).

Orthogneiss. — Les orthogneiss n'existent qu'en quantité subordonnée dans l'anticlinal plongeant V_3. Ils se trouvent dans une

[1] P_w est le type dominant dans la formation E (cf. p. 26).

[2] Les variétés pauvres en feldspath méritent à peu près le nom de micaschistes, mais elles sont rares. Il existe, et rarement aussi, des gneiss albito-chlorito-muscovitiques qui ne diffèrent guère du type P_w que par une texture plus grossière.

zone étroite au bord N. de la digitation méridionale, région Thälihorn-Tossenhorn-Siebelenfluhhorn, comme il a été dit plus haut (F, p. 27). Ils forment, en particulier, le sommet imposant du Siebelenfluhhorn. Ce sont des orthogneiss granitiques, et par places des orthogneiss granito-porphyriques. Les premiers sont très semblables au type Portjengrat (O_p), les seconds au type Mittelrück (O_m).

De petites masses d'orthogneiss granito-porphyrique se trouvent au bord S. de la digitation méridionale, en contact direct avec le Mésozoïque de la zone du Zwischbergenpass.

Les orthogneiss de la région Thälihorn-Tossenhorn-Siebelenfluhhorn se relient aux gneiss P_w, dans les parages situés au S.-E. du Tossenhorn (voir pl. I, coupe 11, et pl. II, fig. 1), par des gneiss d'imbibition et par des gneiss d'injection veinés, et cette liaison est sans doute génétique. Le feldspath des gneiss d'imbibition est souvent en grands individus; la roche est à deux micas. De la tourmaline apparaît çà et là.

Remarques sur la digitation méridionale.

La direction générale des gneiss dans cette digitation est E.-W., le plongement dominant étant voisin de la verticale. Au contact septentrional, les gneiss plongent de 70° à 80° au N. sous le Mésozoïque du Laquintal. A l'E. du Siebelenfluhhorn, l'orthogneiss repose sur des roches vertes mésozoïques, lesquelles plongent sous le premier avec un angle de 30° à 40°. On voit, à l'E. de l'esplanade de la Siebelenfluh, une paroi raide et rectiligne dirigée N.-S. sur une distance d'environ 1 km. Cette topographie, très accentuée, souligne une faille transversale qui recoupe les gneiss en les séparant nettement des roches vertes de la zone de la Gemein-Alp, dans lesquelles se trouvent encore deux têtes anticlinales plantées de gneiss (fig. 17 et pl. II, fig. 1). Le plus grand de ces paquets (celui du S.) flotte vers 2400 m. sur les amphibolites, mais en raison de l'éboulement qui cache le petit territoire situé entre ce lambeau et la faille, les relations de celle-ci avec celui-là peuvent prêter à discussion dans le détail.

Remarques sur la digitation septentrionale.

En contraste avec la direction générale E.-W. de la digitation méridionale, les gneiss de la digitation septentrionale montrent la direction S.W.-N.E. Le plongement est modéré, en général 30° à 40° (parfois seulement 20°) vers le N.W. La forme et la composition sont aussi plus simples; le gneiss P_w paraît être le seul type pétrographique qu'on y trouve.

Les deux digitations de V_3 sont séparées par des amphibolites et des prasinites mésozoïques dépendant de la zone du Laquintal et qui forment, en quelque sorte, une grande poche sous le massif

du Weissmies. Nous appellerons ce renflement, désormais, la *poche du Hohtossen* (fig. 17). La différence d'architecture entre gneiss et roches vertes se fait remarquablement sentir dans la topographie. Le massif gneissique du Weissmies, avec son sommet de 4031 m., se termine à l'E. dans les parois abruptes qui descendent jusqu'au Laquingletscher, lequel se trouve ici entre 2700 et 3000 m. Ce glacier, long de $3^{km},5$, recouvre la limite entre la digitation V_3 et le Mésozoïque de la poche du Hohtossen.

La zone synclinale du Grundberg.

Site et rapports.

L'étendue de cette zone, principalement faite de schistes lustrés, est limitée. C'est à Zenlauenen, au S. de Saas-Grund, qu'elle pénètre dans le territoire de ma carte. De là, elle se continue en montant dans le Grundberg. Sur l'arête S.W. du Trifthorn, un peu au S.W. du point 3233, elle recouvre d'un mince placage les gneiss P_w. Dans tous ces parages, elle se présente déjà réduite par des laminages. Sur l'arête entre le Trifthorn et le Triftgrätli, elle s'amincit encore; elle y est représentée par une vingtaine de mètres de schistes lustrés. On la retrouve au Schwarzmies [1] où son passage est marqué par trois affleurements que ma carte indique dans cette région restreinte. Je n'en ai pas rencontré de traces plus au N.E. et il y a lieu de penser qu'elle est complètement écrasée entre les gneiss des digitations V_3 et V_4. La direction générale des couches est S.W.-N.E.; le plongement est d'environ 40° au N.W.

Eléments stratigraphiques.

La composition de cette zone est aussi simple que sa tectonique. Exception faite d'un peu de marbres triasiques et de roches vertes, elle est entièrement formée de schistes lustrés. Une brève description des éléments stratigraphiques peut être utile.

Trias calcaréo-dolomitique. — Il est fait principalement de

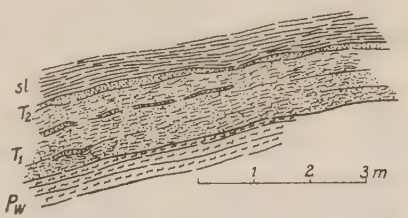


Fig. 7. Relations entre la zone du Grundberg et la digitation du Weissmies.

sl, calcschistes. — T, Trias comprenant T_2, marbres souvent impurs passant latéralement à des cornieules avec gypse, et T_1, couches tendres passablement brouillées, formées principalement d'une dolomie désagrégée associée à des schistes verdâtres luisants et à des poches gypsifères. — P_w, paragneiss du type Weissmies.

[1] Le Schwarzmies est un sommet connu dans la contrée, mais son nom ne figure pas sur l'Atlas Siegfried. Ses coordonnées sont approximativement 108,4—642,0. Au sommet même affleurent des schistes lustrés qui constituent le plus petit des trois affleurements susmentionnés.

marbres micacés, parfois dolomitiques, blancs ou blanc jaunâtre, et dont le grain est grossier. Au Grundberg, les marbres se trouvent toujours entre les gneiss et les schistes lustrés. A Zenlauenen, près de la cascade [1], on relève la coupe représentée par la figure 7. Le contact entre T_1 et P_w paraît être normal.

Sur l'arête entre le Triftgrätli et le Trifthorn, deux lambeaux de marbre semblent reposer sur les schistes lustrés.

Schistes lustrés. — Ce sont principalement des calcschistes gris sombre, micacés. Du Grundberg au point 3233, ils sont très schisteux et s'effritent en plaquettes qui recouvrent les pentes en rendant la marche malaisée. De nombreux filons de quartz, souvent associé à un mica vert, les traversent.

Roches vertes. — Elles se rencontrent en un seul endroit, au S.W. du point 3233 sur l'arête du Trifthorn. La zone des schistes lustrés montre en ce point une légère incurvation synclinale, au-dessous de laquelle les schistes lustrés envoient dans les gneiss l'appendice presque horizontal et de petite dimension que montre la figure 8. Dans cet appendice s'intercale un peu d'amphibolite à texture en gerbe («Garbenschiefer»). A l'œil nu: hornblende vert foncé, très prédominante, en agrégats rayonnants; quelques nids clairs d'un minéral épidotique. Sous le microscope, la hornblende occupe la plus grande partie du champ. Son polychroïsme est : n_p jaune pâle, n_m vert foncé, n_g vert bleuâtre. L'angle d'extinction c : $n_g \geqq 20°$. Les minéraux épidotiques montrent souvent, dans l'étendue d'un même individu, des changements graduels de composition, allant de variétés peu biréfringentes, voisines de la clinozoïsite, à des variétés plus biréfringentes, tendant vers la pistazite. Il y a aussi du sphène. On trouve un peu de magnétite partiellement transformée en oligiste sur le bord des cristaux. Dans la magnétite, inclusions de zircon (rare).

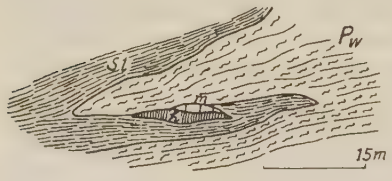


Fig. 8. Complications dans la zone du Grundberg au-dessous du point 3233 sur l'arête du Trifthorn.

h, amphibolite. — sl, schistes lustrés. — m, marbres. — Pw, paragneiss du type Weissmies.

Observations autour de Saas-Fee.

La zone du Grundberg se continue, au travers de la vallée de Saas, dans des schistes lustrés qui apparaissent dans les parois rocheuses de la rive gauche, vis-à-vis de Zenlauenen. A la Hohe

[1] Cette cascade était à sec en automne 1934 par suite de la fonte complète de la neige dans le Höhbord.

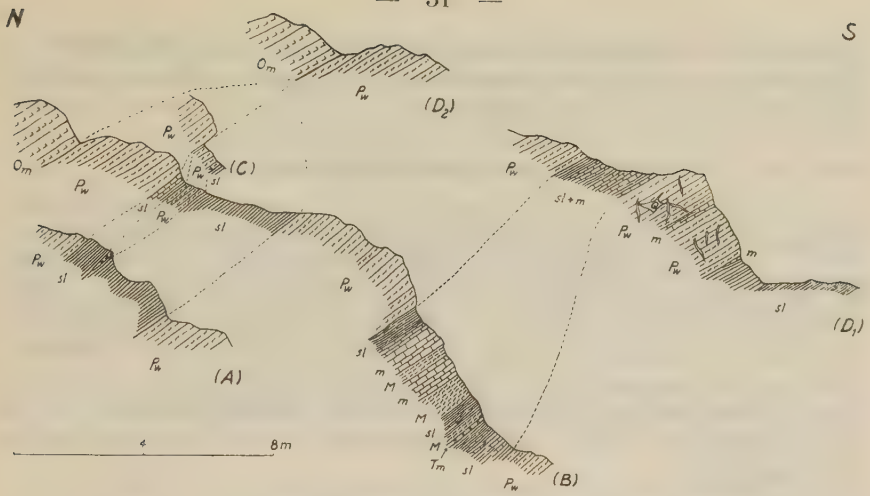


Fig. 9. Coupes géologiques à la Hohe Stiege près Saas-Fee.

sl, calcschistes, passant par places à des calcaires cristallins. — m, calcaires cristallins en lits minces. — T_m, marbres dolomitiques et cornieules. — P_w, paragneiss du type Weissmies avec filonnets de quartz (Q). — O_m, orthogneiss granito-porphyrique. — M, micaschistes.

Stiege, sur le « Kapellenweg », cette zone se divise en plusieurs bandes de schistes lustrés séparées par des gneiss. Les coupes reproduites dans la figure 9 montrent les complications tectoniques qu'on trouve près de la chapelle.

Il est à noter qu'un amincissement rapide des couches mésozoïques se voit très bien dans ces coupes. Dans les coupes A, B et C, par exemple, existe une zone de schistes lustrés dans laquelle se loge un coin de gneiss. Or ces bandes n'existent plus dans la coupe D_2 qui passe à 50 m. seulement au N.N.E. de B. Il est donc évident que les contacts sont en partie dus à des écrasements tectoniques.

J'ai d'ailleurs constaté, au S. de Saas-Fee, l'existence d'une étroite zone synclinale avec schistes lustrés et Trias calcaréo-dolomitique, zone qui apparaît à la Gallenalp, au bord même du chemin, et de là se continue au S.E.; je l'ai suivie jusque sur l'épaulement du Plattje, vers 2650 m. d'altitude. Cette zone, qui est accompagnée d'un peu de quartzites werféniens, repose sur V_3 et supporte les gneiss de la base du Mittaghorn, qui sont la suite de V_4; elle est donc elle-même la suite de la zone du Grundberg.

L'anticlinal plongeant de Saas-Grund (V_4).

Site, rapports et composition.

C'est un anticlinal aminci plongeant vers le N.W. Il est bordé en dedans par la zone du Grundberg et en dehors par la zone mésozoïque principale IV-V. Son épaisseur est modérée. Les

gneiss qui le composent sont principalement des paragneiss de type Weissmies (P_W) et consistent pour une moindre part en orthogneiss et en gneiss d'injection.

Diagnoses de types pétrographiques.

Paragneiss du type Weissmies. — Ce sont des gneiss albito-chlorito-muscovitiques, grenatifères, et par places avec tourmaline. Ils se trouvent surtout dans les parois inférieures du Triftgrätli et dans les rochers isolés au-dessus de Saas-Grund. Un autre affleurement de P_W, isolé au milieu des moraines du glacier de Melligen, se trouve au point de coordonnées 641,20 — 108,40 à l'W. du Schwarzmies. Cet affleurement appartient à la digitation V_4. Un peu au N.W. de là (641,10 — 108,45) se trouve un autre affleurement qui est en micaschiste et que nous attribuons à la nappe *Sb*.

Fig. 10. Coupes géologiques relevées dans la paroi située au-dessous de la Hannigalp au N.W. de Saas-Fee.

La coupe C répond à la berge droite (Ouest) du plus oriental des ravins qui entament cette paroi ; la coupe B, à la berge gauche (Est) du même. La coupe A passe à peu de distance à l'Est de la coupe B. — 1, quartzites. — 2, dolomies gris jaunâtre, légèrement cristallines. — 3, dolomies en plaquettes. — 4, dolomies de faciès identique à 2. — 5, quartzites. — 6, dolomies en plaquettes. — 7, dolomies massives blanc jaunâtre et cornieules avec gypse. — 8, calcaires gris feuilletés. — 9, quartzites. — En *p*, masses lenticulaires de schistes verdâtres micacés. — 10, quartzites. — 11, dolomies et cornieules semblables à 7. — 12, quartzites. 13, dolomies en plaquettes. — 14, quartzites. — 15, dolomies feuilletées. —16, calcschistes (schistes lustrés). — 17, paragneiss de la nappe *Sb*.

Orthogneiss et gneiss d'injection. — Des intercalations subordonnées d'orthogneiss O_p apparaissent dans le P_w un peu à l'E. du Triftgrätli. Plus bas, en direction W., ces intercalations deviennent plus minces et plus nombreuses : l'orthogneiss se relie peu à peu, par l'intermédiaire de gneiss d'injection, aux paragneiss.

A l'W. de la Saaservisp, les gneiss de V_4 affleurent le long de la route de Saas-Grund à Saas-Fee (via Sankt Joseph — Wildi). On y rencontre, aux abords même de Saas-Fee, un orthogneiss granito-porphyrique avec orthose et microcline, orthogneiss qui ressemble beaucoup au type O_m.

Les digitations supérieures de V_4 aux environs de Saas-Fee.

J'ai relevé au N.W. de Saas-Fee, dans les parois situées au-dessous de la Hannigalp, les coupes qui sont rassemblées dans la figure 10. Ces coupes montrent, sous les numéros 1 à 15, de nombreuses répétitions de la couverture triasique de V_4. Dans ces alternances tectoniques, les bandes de quartzites werféniens (ou permo-werféniens) marquent la trace des anticlinaux et les bandes de Trias calcaréo-dolomitique, celle des synclinaux. On voit que dans cette paroi passent au moins cinq anticlinaux plongeants, et au moins cinq synclinaux également plongeants. La bande de schistes lustrés (n° 16 de la coupe B) représente le cœur du synclinal IV-V, ou synclinal principal entre les deux grandes nappes.

CHAPITRE II

LE SYNCLINAL IV-V, OU ZONE SYNCLINALE PRINCIPALE

Généralités et premier aperçu.

Cette zone forme le synclinal principal entre les deux grandes nappes IV et V. Aux environs de Zermatt, où Argand en a fait une étude très poussée, elle présente une énorme complexité tectonique et pétrographique. Elle s'étend de là vers l'E. entre le massif du Mont Rose et celui des Mischabelhörner. Elle comprend, avec de grandes épaisseurs, les hauts sommets du Strahlhorn, du Rimpfischhorn et de l'Allalinhorn. Mais déjà sous la Hannigalp, aux abords de Saas-Fee, elle est très amincie : le cœur du synclinal IV-V n'est plus représenté que par une mince bande de schistes lustrés (16, fig. 10). Le synclinal IV-V pénètre sur le territoire de ma carte entre Gasse et Unter dem Berg; en ce point, il n'a qu'une vingtaine de mètres d'épaisseur. Plus loin, nous l'avons suivi jusqu'au Triftgrätli, mais au delà nous n'en avons trouvé aucune trace visible sur le versant de Saas. Dès les premiers jours de mon travail en Saastal, je m'étonnai de cette disparition. Mais plus tard j'ai trouvé dans le Laquintal des sédiments mésozoïques avec des roches vertes; je fus alors porté à faire l'hypothèse que ce Mésozoïque est la continuation orientale du synclinal IV-V. Dans les derniers jours de mes recherches sur le terrain, j'ai découvert un banc de quartzite feldspathique pris dans les gneiss du contrefort E. du Laquinhorn, un peu au-dessus du point 2764. On verra dans nos conclusions (p. 62) que l'hypothèse ci-dessus se confirme, et quel rôle joue, dans la discussion, notre banc de quartzites feldspathiques.

Dans le Laquintal, le synclinal IV-V, bien développé, est fait surtout d'amphibolites et de prasinites. On y distingue deux régions tectoniques : la poche du Hohtossen, déjà mentionnée plus haut (p. 29), et le synclinal du Grauhorn. Entre ces deux régions s'insinue un lobe gneissique de la nappe IV, lobe qui forme notre pli en retour de Bidemji (p. 47, 52, 53, et fig. 17).

Au Schienhorn, la zone synclinale IV-V est fortement réduite par suite du rapprochement des digitations du Thälihorn (nappe *Mr)* et du Balmhorn (nappe *Sb*). Mais plus au S.E., dans le Zwischbergental, elle s'élargit de nouveau et conflue à l'W. avec la zone du Zwischbergenpass, cependant que le gros se continue en direction E. jusqu'à l'arête frontière dans la région de Pontimia.

La zone IV-V est formée principalement de roches vertes. Les schistes lustrés jouent par places un rôle important, tandis que le Trias calcaréo-dolomitique est toujours réduit ou absent. Nous donnons plus loin (p. 36) un bref aperçu de ces deux éléments de la série pennique moyenne, suivi d'une description plus poussée des roches vertes de la même série (p. 36-41). Mais comme pour la zone du Zwischbergenpass, et pour des raisons analogues (voir p. 20), l'aperçu précité doit être précédé d'un exposé du même genre concernant les

Eléments stratigraphiques de la partie haute de la série pennique inférieure, en implications anticlinales dans le synclinal IV-V, ou en rapport étroit avec lui.

Quartzites feldspathiques. — Ces roches sont très analogues aux quartzites feldspathiques qui entrent en relation avec la zone du Zwischbergenpass. Leur texture parallèle est très marquée. Elle est soulignée par les lamelles des micas ou de la chlorite. Leur distribution est limitée : on les voit au pied E. du Laquinhorn, dans le cirque du Thäligletscher et à la Gemein-Alp. Voici un signalement un peu plus détaillé des trois gisements.

Au pied E. du Laquinhorn, peu au-dessus du point 2764, on aperçoit sur la rive gauche du Hohlentriftgletscher une couche blanchâtre d'environ 1 m. d'épaisseur, prise dans des gneiss : c'est la bande de quartzites feldspathiques déjà signalée plus haut (p. 34). Tant à l'œil nu que sous le microscope, cette roche est très voisine des quartzites feldspathiques que j'ai rencontrés dans le reste de ma région. La texture parallèle est nettement exprimée. Sous le microscope, l'aspect structural est dominé par les mosaïques de quartz et de feldspath. Quartz prédominant; feldspaths divers, parmi lesquels de l'albite et un peu de microline. Lamelles de muscovite fréquentes, soulignant les structures parallèles. Accessoirement : biotite, grenat.

Au S. du point 2580, dans le cirque du Thäligletscher, on trouve des assises de quartzites feldspathiques d'un caractère un peu différent. Macroscopiquement, la roche est gris verdâtre avec des taches brunes provenant de l'altération d'un minerai de fer. Sous le microscope, quartz dominant. Feldspaths assez abondants, notamment albite. Muscovite et chlorite assez fréquentes. La chlorite a souvent l'habitus lamellaire et provient peut-être d'une biotite. Le grenat, en gros individus, et la pistazite, en grains ou en prismes allongés, sont assez abondants. Il y a, en moindre quantité, de la magnétite et de la tourmaline.

Près de la Gemein-Alp en Zwischbergental, des affleurements isolés de quartzites feldspathiques sont pincés dans des roches

vertes mésozoïques. Les quartzites, très étirés, montrent à l'œil nu des quartz appointis en fuseaux que contournent des membranes de muscovite et de chlorite. Sous le microscope : purées de quartz finement cataclastique entourant fréquemment les gros fuseaux du même minéral, et souvent aussi prolongeant leur alignement; plagioclase acide; muscovite; chlorite un peu moins fréquente; accessoirement, grains de pistazite.

Quartzites du Trias inférieur. — Je n'en ai pas rencontré sur la rive droite du Saastal. Plus à l'E., ils sont rares et je n'en ai observé, en ce qui concerne le synclinal IV-V, que dans la région au N. du Tossenhorn.

Eléments sédimentogènes de la série pennique moyenne.

Trias calcaréo-dolomitique. — Il est présent en petite quantité, dans le synclinal IV-V, sous les deux faciès de marbres dolomitiques et de cornieules. Je l'ai rencontré sur l'arête N. du Thälihorn, sur l'arête N. du Tossenhorn, aux environs d'Oberstafel en Laquintal et à La Costa, à l'E. de la Gemein-Alp.

Schistes lustrés. — Les schistes lustrés sont assez abondants dans notre partie du synclinal IV-V. Ils atteignent au Triftgrätli l'épaisseur de 20 m. et sont représentés surtout par des calcschistes avec des marbres schisteux. — Dans le Laquintal et notamment dans le synclinal du Grauhorn, ils sont compris entre les gneiss anciens et les roches vertes, et montrent de temps à autre un faciès quartzitique, ce qui est rare dans notre région à ce niveau. Ce sont les *quartzites calcitifères micacés* de la légende de notre carte. Un échantillon provenant de la Laquinalp montre sous le microscope : quartz dominant, calcite, grenat en gros porphyroblastes, muscovite, magnétite. — D'épaisses séries de calcschistes se trouvent au N.E. de la Cima del Rosso et dans l'arête de La Costa où ils paraissent être très calcaires.

Roches vertes de la série pennique moyenne.

Ces roches vertes dérivent, comme on sait, de roches éruptives basiques ou ultrabasiques.

Dans notre région, la transformation en schistes cristallins est ordinairement complète ou tout au moins très avancée; les reliquats de minéraux et de structures primitifs n'abondent pas. Les textures parallèles sont, dans la règle, nettement indiquées, et il semble que ce soit plus particulièrement le cas dans la partie orientale du territoire, notamment aux environs de Bedemje en Zwischbergental.

Les roches vertes de la zone IV-V, dans les limites de notre

région, sont de nature assez variée. Nous avons rencontré les types suivants :

Gabbros ouralitisés;
Gabbros à pyroxène chromifère avec mica chromifère secondaire;
Prasinites;
Amphibolites feldspathiques proprement dites;
Amphibolites feldspathiques grenatifères;
Amphibolites feldspathiques riches en pistazite;
Schistes actinolitiques;
Serpentines;
Talcschistes;
Chloritoschistes.

Laissant de côté les schistes actinolitiques, les talcschistes et les chloritoschistes, types rares sur notre territoire, nous allons donner de brèves diagnoses des sept autres types, dont l'ordre de fréquence décroissante, dans la région, est le suivant : amphibolites feldspathiques proprement dites, prasinites, amphibolites feldspathiques grenatifères, serpentines, amphibolites feldspathiques riches en pistazite, gabbros ouralitisés, gabbros à pyroxène chromifère.

Amphibolites feldspathiques proprement dites. — Ce type d'amphibolite est celui qui est le plus répandu sur notre territoire. Il domine dans la région de la Gemein-Alp, à l'Alpe Pontimia, dans le synclinal du Grauhorn ainsi que dans les roches vertes de la zone du Zwischbergenpass.

Exemple 1. Amphibolite feldspathique. Localité : près de Bedemje (Zwischbergen). A l'œil nu, texture nettement parallèle, à bandes vertes et blanches alternantes. Les bandes vertes sont faites principalement d'amphibole et les bandes blanches d'albite, sans parler d'autres minéraux comme la clinozoïsite, que seul le microscope révèle.

Sous le microscope, structure diablastique. Les constituants essentiels sont les suivants : Amphibole verte dominante, habitus prismatique, avec polychroïsme n_p vert-jaune clair, n_m vert pâle, n_g vert, extinction $c : n_g \geqq 26°$. Albite assez abondante encore, lardée d'inclusions d'amphibole et souvent mâclée. Plusieurs individus ont donné une extinction de 13° dans l'angle obtus en section perpendiculaire à (001) et (010), ce qui répond à la composition 5 % An. Clinozoïsite en grains ou en prismes trapus, clairsemés, mais parfois aussi en nids serrés. — Constituants accessoires : sphène, chlorite.

Exemple 2. Amphibolite feldspathique. Localité : Grauhorn. A l'œil nu, la couleur dominante est le vert foncé, avec taches et traînées claires; la texture parallèle est moins nette que dans l'échantillon précédent et l'habitus plus compact.

Sous le microscope, structure diablastique. Amphibole verte abondante, d'habitus prismatique, avec polychroïsme n_p vert-jaune pâle, n_m vert clair, n_g vert à vert bleuâtre, extinction c : $n_g \geqq 22°$. Clinozoïsite assez abondante, en grains ou en prismes. Il y a aussi un peu de pistazite, mais rare. Albite en quantité subordonnée; mâcles rares. Un peu de quartz en grains irréguliers. Calcite assez fréquente. Magnétite, sphène, biotite, chlorite; rares.

Amphibolites feldspathiques grenatifères. — Les amphibolites du type précédent admettent parfois un peu de grenat et passent alors à des amphibolites feldspathiques grenatifères. Du point de vue de la distribution, ces dernières semblent être plus ou moins confinées dans la poche du Hohtossen.

Exemple 1. Amphibolite feldspathique grenatifère. Localité : Près du point 2580, à l'E. du Thäligletscher. A l'œil nu, la roche est d'un vert sombre dominant, parsemé de taches blanches (albite) ou jaunâtres (clinozoïsite). L'échantillon montre quelques porphyroblastes de grenat rouge-brun. Texture parallèle relativement peu marquée.

Sous le microscope, structure diablastique. Amphibole verte, dominante, en grands prismes ou en acicules; polychroïsme n_p vert-jaune clair, n_m vert, n_g vert bleuâtre, extinction c : $n_g \geqq 20°$. Albite moins abondante, d'habitus interstitiel ou porphyroblastique, avec nombreuses inclusions poïkiloblastiques, mâcles rares. Clinozoïsite assez fréquente. Minéraux accessoires : sphène, chlorite, magnétite. Dans la coupe examinée, le grenat manque.

Exemple 2. Amphibolite feldspathique grenatifère. Localité : Arête N. du Thälihorn. A l'œil nu, la roche est d'habitus plus compact et de couleur un peu plus foncée que la précédente. La texture est fine. Porphyroblastes de grenat assez nombreux.

Sous le microscope, structure diablastique à microdiablastique. Amphibole verte dominante, d'habitus prismatique; pas de gros individus; polychroïsme dans les tons jaune verdâtre, vert, vert bleuâtre, allongement positif, extinction $\geqq 28°$. Albite assez abondante. Clinozoïsite fréquente. Minéraux accessoires : sphène, grenat, chlorite assez répandue, muscovite, magnétite, mica blanc.

Amphibolites feldspathiques riches en pistazite. — Les roches de ce type (dans la légende de ma carte : *amphibolites épidotiques*) se trouvent surtout aux environs du Schienhorn.

Un échantillon prélevé un peu à l'W. du Schienhorn montre à l'œil nu : texture parallèle nette; traînées vert sombre (amphibole), blanches (albite), jaunes (pistazite).

Sous le microscope, structure granoblastique. Minéraux essentiels : amphibole verte, habitus prismatique, polychroïsme n_p vert-jaune clair, n_m vert, n_g vert foncé, extinction c : $n_g \geqq 20°$; albite abondante, 6 à 11 % An; pistazite abondante, en gros grains ou en prismes irréguliers, avec pléochroïsme assez marqué, signe

optique négatif, structure zonée fréquente. Minéraux accessoires : sphène, parfois en gros individus; magnétite, chlorite, ilménite; cette dernière montre souvent une transformation partielle en leucoxène.

Prasinites. — Nous choisissons, pour leur valeur illustrative, les deux spécimens suivants :

Exemple 1. Prasinite amphibolique. Localité: Siebelenfluhhorn. A l'œil nu, la roche est vert pâle. Sur la tranche de l'échantillon, les porphyroblastes d'albite montrent l'habitus ocellaire propre à beaucoup de prasinites. Texture parallèle assez marquée.

Sous le microscope, allure parallèle nette, structure poïkiloblastique. Albite voisine de 13 % An, abondante, souvent en gros porphyroblastes, avec inclusions d'amphibole aciculaire donnant une structure poïkiloblastique. Amphibole verte abondante en grands primes ou en acicules, groupés en traînées plus ou moins parallèles; polychroïsme n_p vert-jaune clair, n_m vert clair, n_g vert-bleu clair, extinction $c : n_g \geqq 20°$. Clinozoïsite encore assez fréquente, en grains ou en prismes. Sphène en petits grains disséminés; les autres minéraux accessoires sont la chlorite, la magnétite et l'oligiste.

Exemple 2. Prasinite amphibolique. Localité : pied E. de l'arête N. du Thälihorn, vers 3130 m. A l'œil nu, on constate la texture ocellaire si caractéristique de beaucoup de prasinites. Elle est due, comme toujours, aux porphyroblastes d'albite qui se détachent en blanc sur le fond vert de la roche. Dans notre échantillon, ce fond est formé d'amphibole; on y distingue par places des membranes de chlorite, d'un vert plus foncé.

Sous le microscope domine l'albite en porphyroblastes, à nombreuses inclusions poïkiloblastiques, ces dernières étant principalement de l'amphibole verte aciculaire; amphibole, avec polychroïsme dans les tons vert-jaune pâle, vert, vert-bleu, extinction $\geqq 22°$, allongement positif; chlorite assez abondante, mais moins toutefois que l'amphibole; clinozoïsite; accessoirement biotite, muscovite (rare), sphène, magnétite.

Gabbros ouralitisés. — Ces roches ont gardé quelque chose de l'apparence massive originelle, mais ont fréquemment pris des textures parallèles plus ou moins marquées. Elles montrent de grands cristaux d'une amphibole verte secondaire; le pyroxène dont cette amphibole dérive existe parfois en reliquats. Ces gabbros se rencontrent surtout au N. du Passo di Pontimia et au S. du Schienhorn.

Exemple 1. Gabbro ouralitisé. Localité : Schienhorn. A l'œil nu, la roche est de grain assez grossier; elle présente l'aspect typique d'un gabbro ouralitisé. De grands individus d'une amphibole verte sont empâtés par des agrégats clairs de zoïsite et d'albite.

L'examen microscopique montre ce qui suit : Reliquats d'un

diopside primitif s'éteignant à 38°. Amphibole vert pâle abondante, sous quatre habitus : 1) grands individus prismatiques parfois mâclés suivant (100); 2) cristaux aciculaires plus petits; 3) cristaux fibrillaires plus petits encore; 4) couronnes entourant plus ou moins les reliquats de pyroxène. Le polychroïsme est léger : n_p vert-jaune pâle, n_m vert pâle, n_g vert-bleu pâle, extinction $c : n_g \geqq 25°$. Le signe optique est négatif. Zoïsite ordinairement en gros cristaux souvent prismatiques, parfois en baguettes allongées ou en grains, clivage (100) net, cassures (001) assez développées; extinction droite, biréfringence très basse, parfois avec bleu-indigo anomal. Albite, 10 à 13 % An, quantité modérée. Dans cette coupe, je n'ai pas rencontré de reliquats du plagioclase originel. Il est sans doute entièrement transformé en zoïsite et en albite. Constituants accessoires : chlorite assez fréquente, souvent en rosettes remplissant les interstices entre les cristaux d'amphibole; sphène en petits grains; biotite; pistazite; oligiste (rare).

Exemple 2. Gabbro ouralitisé. Localité : au N. du Passo di Pontimia. A l'œil nu, l'aspect général diffère peu de celui de la roche précédente. Les cristaux d'amphibole sont souvent d'un vert un peu plus foncé.

L'examen microscopique montre ce qui suit : Amphibole verte très abondante, sous deux habitus : grands individus, parfois mâclés suivant (100), et petits cristaux aciculaires; pléochroïsme léger, dans les tons vert clair; extinction $c : n_g \geqq 23°$; signe optique négatif. Clinozoïsite abondante, prismatique ou en grains, biréfringence souvent assez élevée, extinction oblique, signe optique positif. Albite : structure poïkiloblastique due aux inclusions d'amphibole aciculaire. Constituants accessoires : sphène, fréquent, en grains ou parfois en cristaux bien formés; chlorite.

Gabbro à pyroxène chromifère avec mica chromifère secondaire. — Je n'ai trouvé ce type de roche qu'à un endroit, près du point 2580 à l'E. du Thäligletscher. Macroscopiquement, l'échantillon diffère notablement du type précédent, et se rapproche plutôt du gabbro du Schienhorn décrit ci-dessus, mais il se distingue nettement de tous deux par la présence d'un mica chromifère en paillettes et en macules d'un vert vif.

Sous le microscope. Reliquats d'un pyroxène primitif s'éteignant jusqu'à 43°, avec dispersion forte. Amphibole verte secondaire, abondante, en grands cristaux, acicules et fibrilles. Zoïsite et clinozoïsite assez fréquentes. Albite en quantité plutôt subordonnée. Le mica chromifère est d'un vert clair brillant, avec pléochroïsme net. Il se présente en lamelles ou en membranes contournées. Il est assez abondant. Sa teneur en chrome provient sans doute des pyroxènes, eux-mêmes chromifères : on sait que cette relation génétique se montre avec une notable régularité dans la transformation secondaire subie par un certain type de gabbro fort répandu dans les nappes penniques supérieures (**24**, p. 161).

Serpentines. — Dans la zone IV-V, la serpentine, toujours associée aux amphibolites, est assez répandue, notamment au S. du Grauhorn et à l'E. de la Siebelenfluh. Elle se trouve en outre dans un ravin au N.E. de Bedemje en Zwischbergental. Ces dérivés de roches ultrabasiques se composent ordinairement d'un minéral serpentineux et de magnétite, et les reliquats de minéraux primitifs semblent être rares. Une coupe mince (échantillon provenant du Schienhorn) montre un minéral serpentineux dominant, d'habitus principalement fibreux, et de la magnétite en petits grains plus ou moins nettement terminés, épars ou distribués par traînées. Il y a quelques restes de ce qui fut vraisemblablement du diallage primitif, aujourd'hui remplacé, en pseudomorphoses avec clivages serrés suivant (110), par une amphibole presque incolore, à allongement positif, s'éteignant vers 18°. Il y a aussi de l'amphibole d'habitus fibrillaire.

Observations détaillées.

Dans la vallée de Saas. — Près de Grund et au Triftgrätli, la zone IV-V est représentée, comme je l'ai déjà fait remarquer, par des calcschistes épais d'environ 20 m. Ils sont en contact franc avec les micaschistes de *Sb* au-dessus et avec les gneiss de *Mr* au-dessous. La figure 11 montre un exemple de ces relations.

Dans le contrefort rocheux qui sépare les deux branches du glacier de Mellig, les micaschistes du type Triftgrätli reposent directement, et en concordance apparente, sur les gneiss du type Weissmies, sans interposition de Mésozoïque. Il est donc nécessaire d'admettre que le synclinal IV-V, encore visible au Trift-

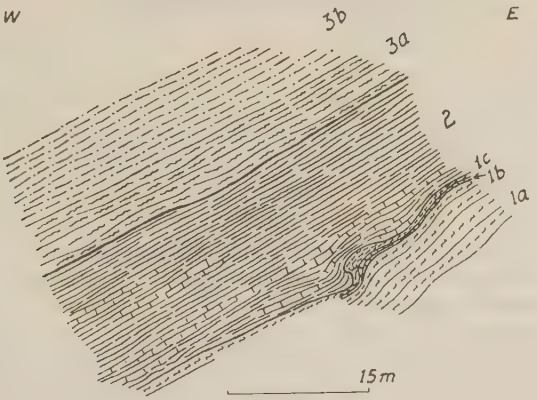


Fig. 11. Le synclinal IV-V près Gasse (environs de Saas-Grund).

1a, gneiss de la digitation de Saas-Grund (V_4). — 1b, calcschistes fortement étirés, formant un mince synclinal. — 1c, gneiss fortement étirés formant une mince lame anticlinale. — 2, calcschistes passant à des calcaires cristallins. — 3, série du Triftgrätli (nappe *Sb*), comprenant 3a, gneiss riche en mica, un peu grenatifère, et 3b, micaschistes gris sombre avec porphyroblastes de grenat.

grätli, s'écrase entre ce point et le contrefort susmentionné, et que le contact observé dans ce dernier est mécanique. Plus à l'E., sur l'arête N. du Weissmies, un peu au S. du point 3712, on trouve les gneiss du type Thamatten *(Sb)* tout près des gneiss du type Weissmies *(Mr)*, si même ils ne sont pas en contact direct avec eux. Ceux-ci sont d'ailleurs plus feldspathiques et de texture plus grossière que ceux-là.

Au-dessous du Laquinjoch. — Au pied du contrefort E. du Laquinhorn, entre le glacier de la Hohlentrift et celui du Fletschhorn, se trouve la lame de quartzite feldspathique déjà signalée (p. 34, 35); elle est prise entre deux masses de gneiss dont la direction est N. 40° E., le plongement étant de 20° au N.W. Les gneiss sous-jacents au quartzite sont riches en feldspath et ont l'aspect d'un gneiss d'imbibition. Par contre, les gneiss qui recouvrent le quartzite sont moins feldspathiques que ceux qui le supportent; ils sont plus ou moins riches en séricite.

Dans la poche du Hohtossen. — Cette poche est presque entièrement formée de roches vertes, et notamment d'amphibolites feldspathiques grenatifères. Il y a pourtant un peu de calcschistes, et en outre divers détails qui doivent être signalés.

On trouve dans l'arête N. du Thälihorn, entre les gneiss du Weissmies et les amphibolites, une série complexe comprenant

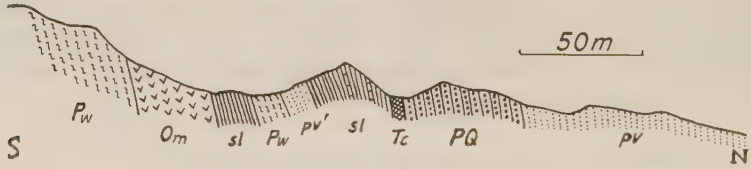


Fig. 12. Coupe géologique sur l'arête Nord du Thälihorn.

pv, amphibolites feldspathiques grenatifères. — pv', prasinites amphiboliques. — sl, calcschistes avec intercalations de calcaires cristallins. — Tc, cornieules. — PQ, quartzites feldspathiques. — O_m, orthogneiss granito-porphyriques. — P_w, paragneiss de type Weissmies.

des schistes lustrés, des cornieules triasiques et des quartzites feldspathiques, comme le montre la figure 12. Toute la série plonge au N., la direction générale étant E.-W.

Au point 2278, au S. des cabanes de Bidemji, des lentilles de marbres triasiques et de schistes lustrés affleurent dans les parois d'un ravin. Elles sont repliées d'une façon compliquée et se répètent plusieurs fois. Il s'agit ici d'un synclinal mésozoïque serré et étiré, qui est probablement une dépendance locale de la poche du Hohtossen.

Au S. du point 2580, sur la rive droite du Thäligletscher, des lames de quartzites feldspathiques étirées, redressées et séparées

les unes des autres par des calcschistes, se logent dans les serpentines. C'est vraisemblablement une petite digitation de la nappe *Sb*, digitation dont la continuation au N.E. se marque, au S.E. de Thäli, par une petite lame de gneiss que des calcschistes séparent du gros de la nappe *Sb*.

Dans le synclinal du Grauhorn. — Le Grauhorn (2671 m.), ainsi nommé de son aspect gris sombre, est un sommet imposant qu'on voit de la route du Simplon et particulièrement de Gabi. Il est composé d'amphibolites, lesquelles constituent un synclinal étroit, coincé dans les gneiss de *Sb* et se rattachant à la poche du Hohtossen. Des schistes lustrés affleurent entre les gneiss anciens et les amphibolites. C'est au pied N.W. du Grauhorn qu'ils sont le mieux développés; ils forment là, dans la topographie, des plaques triangulaires caractéristiques, lesquelles plongent au N.W. sous les gneiss, ou passent sous les éboulis. On trouve d'ailleurs des marbres triasiques, notamment à Barmenwang et près d'Oberstafel [1]. En ce dernier endroit, des marbres triasiques et des calcschistes reposent sur des gneiss. Un peu au-dessous du point précité affleure un peu d'amphibolite mésozoïque [2]. Ces amphibolites et ces sédiments mésozoïques jalonnent un synclinal de détail. En rapport avec ce synclinal se trouve une petite digitation anticlinale un peu fracturée (pl. I, fig. 15), digitation qui comprend les six affleurements de gneiss que ma carte signale au-dessus du mot « Oberstafel ».

Le synclinal du Grauhorn se termine vers le N.E. au lieu dit In den Brüchen, où l'on voit les gneiss anciens plonger sous les amphibolites avec un angle d'environ 40°.

Au col du Schienhorn [3]. — A l'W. du Schienhorn (2983 m.) se trouve un col aisément accessible tant du côté de Zwischbergen que du Laquintal. De ce col aux abords E. du Siebelenfluhhorn affleure la zone IV-V, très réduite en épaisseur et comprenant d'abord des amphibolites riches en pistazite avec des intercalations de schistes lustrés, puis, en allant vers le Siebelenfluhhorn, des amphibolites feldspathiques. Le tout plonge au S.W. sous les gneiss de V_3. Les gneiss de *Sb* plongent à leur tour au S.W., en direction axiale, sous les amphibolites, comme on le voit bien au S. du col (pl. II, fig. 1). Ce contact est souligné par une étroite zone de serpentine renfermant des lentilles de gneiss mylonitisé. La figure 13 est une esquisse sommaire des détails observés. Le contact entre les gneiss de la nappe *Sb* et les amphibolites est très net. Il est marqué par un ravin dirigé N.-S. et plus ou moins

[1] Au *f* de Oberstafel sur la carte topographique.
[2] Près du *s* de Oberstafel.
[3] On doit regretter que la région entre le Schienhorn et le Siebelenfluhhorn soit si inexactement rendue sur la carte topographique.

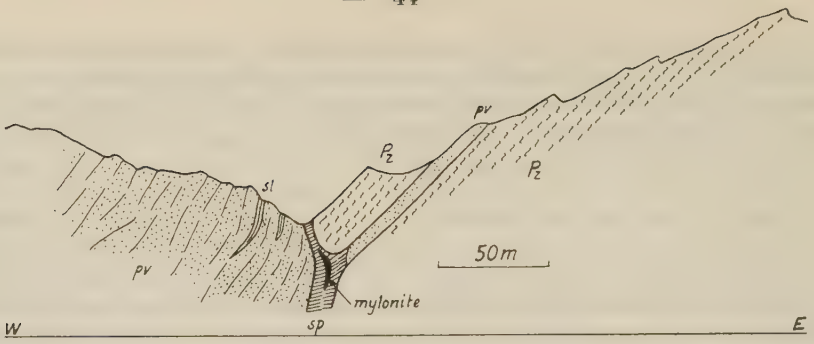


Fig. 13. Esquisse géologique du col du Schienhorn, vu des pentes situées un peu au Sud.

pv, amphibolites feldspathiques riches en pistazite. — sl, calcschistes. — sp, serpentine. — Pz, paragneiss du type Zwischbergental (voir p. 52).

rempli d'éboulis. Partout où l'on voit le contact réel, les gneiss plongent sous les amphibolites [1].

Le long du contact entre la digitation V_2 et la zone synclinale IV-V. — En descendant du Passo d'Andolla vers les alpages de Porcarescia, on croise d'abord une mince zone de calcschistes intercalés dans des paragneiss que limitent à leur tour, des deux côtés, des orthogneiss du type O_p. Cette zone s'élargit vers le bas, mais ne tarde pas à être cachée, vers le N.E., par des dépôts gla-

[1] Avant de quitter la région Schienhorn-Hohtossen-Grauhorn, il convient de signaler le fait qu'à beaucoup d'égards la carte de 1869 (**49**), publiée du vivant de Gerlach, s'approche plus de la réalité, dans ces parages, que les feuilles XXIII (**45**, 1882) et XVIII (**46**, 1885) de la Carte géologique au 1 : 100 000e, feuilles qui ont paru après la mort de Gerlach survenue en 1871 (**48**). Tout d'abord la limite des deux feuilles souffre d'un défaut de congruence dans la région de Galki. Mais il y a plus. Sur la carte de 1869, Gerlach avait signalé avec raison l'existence des roches vertes mésozoïques du haut Laquintal, sous le symbole *hs'*, avec la légende « Hornblende Schiefer » dont le sens est précisé par le texte de l'accolade : « Jüngere metamorphische Schiefer. » Sur la feuille XVIII, par contre, ces roches vertes, affectées du symbole *Sa*, sont légendées « Hornblendeschiefer und Gneis », ce qui a pu, par la suite, faire croire à la présence d'une formation ancienne. Sur la feuille XXIII, le *Sa* a reçu la légende plus réservée « Hornblendeschiefer ». Mes levés font voir que la carte de 1869, malgré son échelle plus petite, était tout ensemble plus exacte et plus explicite, et il est permis de supposer, quant aux deux publications posthumes, quelque inadvertance des éditeurs. — D'autre part, on nous permettra de marquer, pour la même région Schienhorn-Hohtossen-Grauhorn, le progrès que représentent nos levés par rapport aux contours de Gerlach. 1) Les cartes de Gerlach (**49**, **45**) donnent trop d'extension aux roches vertes mésozoïques (*Sv* de la carte **45**) sur l'arête à l'W. du Schienhorn. Le Siebelenfluhhorn, le Tossenhorn et le Thälihorn appartiennent, comme le montre notre carte, à la série pennique inférieure. 2) Les roches vertes mésozoïques s'approchent plus près de Bidemji que ne l'indique Gerlach. 3) Le Mésozoïque du synclinal du Grauhorn et son extension vers Oberstafel et In den Brüchen ne sont pas signalés par les cartes de Gerlach. 4) Des calcschistes et du Trias calcaréo-dolomitique apparaissent en petite quantité, mais en rapport intime avec les roches vertes, ce qui confirme ou établit l'âge mésozoïque de celles-ci.

ciaires. Un peu plus à l'E., elle reparaît dans un ruisseau, associée à des roches vertes. Les orthogneiss qui forment l'escarpement raide dominant Porcarescia à l'W. marquent évidemment le passage d'une digitation de V_2, digitation qui flotte sur les roches vertes de Porcarescia et qui est séparée de la digitation du Passo d'Andolla par la zone de schistes lustrés que nous venons de décrire (voir fig. 17). Cette digitation a été nommée, plus haut, la digitation de Schwarz Tschuggen (p. 13).

Plus à l'E. se dresse une vraie muraille naturelle qui marque la frontière italo-suisse, muraille formée par les orthogneiss de la digitation du Passo d'Andolla, qui plongent fortement au N. Dans les parages du méridien 650 de la carte, où la muraille envoie un contrefort dans d'anciennes moraines de cirque, on observe du S. au N. :

1. Orthogneiss du type O_p;
2. Gneiss micacés;
3. Calcschistes (5 m.);
4. Gneiss (environ 10 m.), avec gros cristaux de grenat;
5. Quartzites feldspathiques (environ 12 m.);
6. Marbres et cornieules (4 m.);
7. Moraines, sous lesquelles se trouvent probablement des amphibolites.

La digitation du Passo d'Andolla est séparée de la digitation de la Cima del Rosso par un synclinal d'amphibolites qui passe un peu à l'W. du Pizzo del Busin.

Le gneiss du Pizzo del Busin est de texture assez grossière, à porphyroblastes de grenat, et ressemble ainsi au gneiss du Sonnighorn. Il plonge vers le N. sous des schistes lustrés qui plongent à leur tour sous des amphibolites. Ces dernières s'étendent jusqu'à la borne-frontière située sur l'arête. En continuant au N.E. sur cette dernière, on trouve une bande fortement écrasée de quartzites feldspathiques, chloriteux et grenatifères. Des calcschistes sont intercalés dans ces quartzites feldspathiques et s'y coincent vers l'W. Plus au N., on trouve de nouveau des amphibolites, calcschistes et marbres avec cornieules, après quoi l'on atteint l'arête de schistes lustrés de La Costa.

Nous regardons comme probable que l'orthogneiss de la Cima del Rosso et les gneiss du Pizzo del Busin appartiennent à la même digitation de V_2, savoir la digitation de la Cima del Rosso (p. 13). Sur les cartes de Gerlach (**49**, **45**), l'arête qui va du Pizzo del Busin à la Cima del Rosso est tout entière coloriée en gneiss, mais la description qui précède, ainsi que ma carte géologique, font voir que ce n'est pas exact, et qu'une partie notable de l'arête frontière est occupée par des terrains mésozoïques, composés principalement d'amphibolites.

Sur les quartzites feldspathiques de la Gemein-Alp. — Dans les parois d'un ravin situé à l'E. des alpages de l'Untere Gemein-Alp affleurent des quartzites feldspathiques fortement étirés et distribués d'une manière très compliquée. Ils sont associés à des marbres du Trias et à des schistes lustrés. Notre figure 14 esquisse une partie de la chose. Ces quartzites feldspathiques et le Trias calcaire marquent les restes d'une digitation anticlinale; il s'agit probablement de la continuation orientale, très étirée et très déformée, de la tête plongeante de l'anticlinal dont le cœur est marqué par les gneiss de la Siebelenfluh (fig. 17).

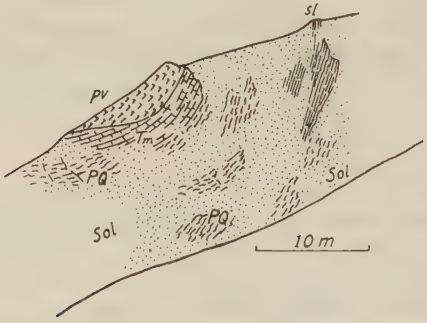


Fig. 14. Croquis d'une partie de la berge droite (Nord) d'un ravin situé à l'Est de l'Untere Gemein-Alp.

La vue est prise de la berge gauche du ravin, en regardant vers le Nord. Le centre de la région représentée répond approximativement au point de coordonnées 650,18 –107,40. — pv, amphibolites feldspathiques. — sl, schistes lustrés. — Tm, marbres triasiques. — PQ, quartzites feldspathiques.

CHAPITRE III

LA NAPPE DU GRAND SAINT-BERNARD

Généralités.

La masse anticlinale des Mischabelhörner se poursuit au delà de la vallée de Saas; à ce prolongement appartiennent les sommets imposants du Fletschhorn et du Laquinhorn. Notre carte, destinée essentiellement à montrer les relations des nappes *Sb* et *Mr* dans un certain secteur, ne donne que les parties du noyau de *Sb* les plus rapprochées du grand synclinal IV-V. Un fait nouveau fort intéressant est le rétrécissement considérable que la nappe *Sb* éprouve entre l'extrémité N. du synclinal du Grauhorn et la nappe du Monte Leone à Gabi. Dans ces parages, la puissance tectonique de la nappe *Sb* se réduit à environ 4 kilomètres. Cela résulte de notre découverte du synclinal du Grauhorn et de la constatation de sa grande extension vers le N. Dans le Zwischbergental, le noyau de la nappe *Sb* s'élargit de nouveau et de plus se divise en deux digitations anticlinales séparées par le synclinal de la Cima d'Azoglio, lequel se continue en Italie [1].

Tectoniquement parlant, la nappe *Sb*, sur notre territoire, est notablement plus simple que la nappe *Mr*. Il est intéressant de noter ici diverses complications, jusqu'à hier inconnues, du noyau de la nappe, savoir, *le pli en retour de Bidemji* et *le pli en retour du Balmhorn*. Ces deux anticlinaux comprennent entre eux le synclinal du Grauhorn, qui est un synclinal en retour. Ils sont en rapport avec la poche du Hohtossen.

Formations géologiques.

La portion du noyau de la nappe *Sb* qui tombe dans notre territoire permet de reconnaître cinq formations dont le signalement suit.

G. Un ensemble essentiellement micaschisteux, que nous avons rencontré seulement dans le Laquintal au N. de la Laquinalp [2]. Sur notre carte, ce complexe est figuré par la teinte rose clair avec points bleus, et la légende le définit comme suit : « *Micaschistes de texture fine, à biotite, muscovite, chlorite et parfois*

[1] Ce synclinal a déjà été reconnu en partie par A. Stella, qui l'a figuré sur ses levés (**84**, 1913).

[2] Hors de mon territoire, cette formation s'étend vers le N.E., normalement aux couches, jusqu'aux approches de Gabi.

zoïsite. Avec intercalations subordonnées de quartzites feldspathiques de texture plus grossière, à muscovite, biotite et parfois zoïsite. » Le type pétrographique qui domine dans cette association est caractérisé et désigné plus bas (p. 49) sous le nom de micaschiste du type *Laquinalp.*

H. Un ensemble essentiellement micaschisteux, mais différent du précédent. Nous n'avons rencontré cette formation que dans la région occidentale de notre carte; elle y constitue, de Unter dem Berg au Triftgrätli et plus à l'E. jusque dans l'arête qui sépare les deux branches du Melliggletscher, la partie la plus externe de la deuxième enveloppe intra-nucléaire [1] de la nappe *Sb.* Cette formation se relie graduellement vers le N., par passages normaux aux couches, à la formation J. Sur notre carte, elle est représentée par la teinte rose clair avec traits bleus discontinus, et porte la légende : « *Micaschistes à muscovite (ou muscovite et biotite), chlorite, grenat (souvent en grands porphyroblastes), parfois chloritoïde, zoïsite.* » Quant au type pétrographique qui domine dans cette formation, nous donnerons sa diagnose plus loin (p. 50) et nous l'appellerons micaschiste du type *Triftgrätli.*

J. Un ensemble essentiellement paragneissique, que j'ai rencontré d'abord sur le versant droit du Saastal aux environs de Thamatten, puis suivi vers le N.E., à travers la région du Laquinjoch, jusque sur le versant gauche du Laquintal, dans les parages de Feriche. Sur ma carte, ce complexe est figuré par la teinte rose clair avec points rouges, et la légende le définit comme suit : « *Paragneiss à chlorite et muscovite (ou séricite), souvent grenatifères; parfois pauvres en feldspath et passant à des formes micaschisteuses ou quartzitiques.* » La formation, considérée sur le terrain par grandes masses, est en moyenne d'aspect plus sombre que le groupe E (p. 26). Nous donnerons plus bas (p. 51) la diagnose du type pétrographique qui domine dans cet ensemble, et nous le nommerons paragneiss du type *Thamatten.*

K. Un ensemble principalement paragneissique, auquel des gneiss d'imbibition sont intimement associés par places. Nous n'avons rencontré cette formation que dans le segment oriental de notre portion de *Sb*, c'est-à-dire dans une partie du Zwischbergental (Cima d'Azoglio, Monte Straciugo, Balmhorn-Galenlücke-Seilerrichte) et du Laquintal (Furmelengrat et S. de Barmenwang pour le versant droit; au-dessous du Hohtossen pour le versant gauche). Sur notre carte, ce complexe est figuré en rose clair, avec la légende : « *Paragneiss à muscovite (ou muscovite et biotite), chlorite, grenat etc., parfois associés à des gneiss d'imbibition feldspathique (avec ou sans tourmaline) auxquels ils passent sans limite tranchée.* » Quant au type pétrographique qui

[1] Semblablement, la formation J constitue la partie interne de cette même enveloppe. — Sur la notion d'enveloppes intra-nucléaires, voir **24**, p. 158.

domine dans cette formation, il est très semblable au paragneiss du type Weissmies (P_w) décrit plus haut, mais par égard au fait qu'il s'agit ici de la nappe *Sb* et non plus de la nappe *Mr*, nous emploierons pour le désigner le nom de paragneiss de type *Zwischbergental*. — La comparaison des légendes montre que la formation K, de la nappe *Sb*, ressemble beaucoup à la formation E, de la nappe *Mr* (p. 26); il y a toutefois des différences dans les proportions des types composants et dans le nombre de leurs variétés; nous avons donc jugé convenable d'attribuer à chacune des deux formations une teinte différente, d'autant plus qu'il s'agissait aussi de rendre sensible, sur la carte, la distinction des deux grandes nappes elles-mêmes. Nous trouvons donc ici un nouvel exemple du fait bien connu qu'un même faciès (ou association de faciès) peut se rencontrer dans plus d'un grand pli couché pennique, autrement dit que les limites de nappes ne coïncident pas nécessairement avec des limites de faciès.

Des amphibolites feldspathiques, parfois accompagnées de prasinites amphiboliques, s'intercalent dans la formation K. J'ai rencontré deux de ces intercalations sur le versant E. et une autre sur le versant W. du Balmhorn (voir aussi p. 53 et la carte géologique).

L. Un ensemble essentiellement orthogneissique, très analogue à la formation C de la nappe *Mr* (p. 14), et qui couvre quelques surfaces d'étendues diverses, mais toujours modérées, dans les vallées de Zwischbergen (N. de la Cima d'Azoglio; point 2539-Fahbrunnen-Balmfluh) et de Laquin (à l'W. du Balmhorn, au S. de Bidemji, à Oberstafel). Il s'agit d'orthogneiss semblables à ceux de notre type O_p (p. 15) et qu'accompagnent, de la région du point 2539 à Fahbrunnen et à la Balmfluh, ainsi qu'au S.W. du Balmhorn, un peu d'orthogneiss granito-porphyriques semblables à notre type O_m (p. 16). Là aussi des passages graduels unissent, sur le terrain, O_m à O_p. Les similitudes susmentionnées sont assez prononcées pour que nous ayons jugé superflu, sur la carte, de distinguer par des couleurs différentes les formations orthogneissiques de *Sb* et de *Mr*. Leur attribution à l'une ou à l'autre de ces nappes se déduit aisément de l'esquisse tectonique qui figure dans l'angle de la carte, à droite en bas.

Diagnoses de types pétrographiques.

Micaschiste de la Laquinalp (M_l). — Ce type est celui qui domine dans la formation G (p. 47). A l'œil nu, la roche, dont le cachet sédimentogène [1] est évident au premier coup d'œil, se débite en plaquettes; la texture parallèle, très fine, est aussi très nettement marquée. Sur le plat, membranes de biotite et de muscovite, en lamelles fort petites; à la loupe, on aperçoit, en plus,

[1] L'aspect est même presque phylladique dans certaines variétés.

de la magnétite en grains nombreux et minuscules. Les biotites ont parfois subi une chloritisation qui se marque surtout dans les délits, auquel cas la zone chloritisée est mince; mais la chloritisation procède, par places, sur des épaisseurs bien plus grandes, et il se constitue ainsi, dans les micaschistes normaux de couleur brunâtre, des zones vertes pouvant atteindre jusqu'à 20 m. de puissance. — Sous le microscope, la roche, quand elle est peu chloritisée, montre du quartz en traînées granulaires assez fines, de la biotite abondante, de la muscovite en quantité un peu inférieure à celle de la biotite, de la chlorite plutôt rare, de la magnétite fréquente et des grains de zoïsite en petit nombre.

Dans les micaschistes M_l se rencontrent en divers points (sous Hohmatten et dans un ravin à l'E. de la Laquinalp) des intercalations de quartzites un peu feldspathiques. Ces roches se distinguent, par leur habitus macroscopique, des autres quartzites feldspathiques signalés dans ce travail : elles sont plus compactes; la texture parallèle est peu marquée [1]. Sous le microscope aussi, il y a de notables différences avec les autres quartzites feldspathiques : nous avons vu que dans ces derniers la biotite manque le plus souvent, tandis que ceux dont il est question ici sont des quartzites à biotite et muscovite, renfermant parfois de la zoïsite en grains toujours rares. Ces quartzites du Laquintal sont donc à deux micas, comme les micaschistes M_l dans lesquels ils s'intercalent en quantité subordonnée. Sur le terrain, on observe aussi des passages lithologiques graduels entre les quartzites et les micaschistes.

Micaschiste du Triftgrätli (M_l). — Ce type est celui qui domine dans la formation H (p. 48). A l'œil nu, texture de grain moyen ou grossier, et par conséquent nettement différente de la texture fine des micaschistes Laquinalp (M_l). Sur le plat, membranes de chlorite et de muscovite. Sur la tranche, traînées claires de quartz nettement parallèles, montrant parfois des épaississements locaux; les tronçonnements fusiformes semblent plus rares. La roche montre des porphyroblastes de grenat; exceptionnellement, ceux-ci peuvent atteindre 1 cm. Sous le microscope, le quartz est en traînées parallèles formées de mosaïques à gros grains, ou en purées finement granulaires étalées; la muscovite est abondante et la chlorite l'est à peine moins; le grenat est ordinairement abondant; un minéral du groupe du chloritoïde [1], sans être en grande quantité, ne manque dans aucune des coupes examinées, et il s'agit probablement de sismondine; il y a au surplus de la magnétite, de la tourmaline et de rares zircons.

[1] Cela n'empêche pas qu'elles ne se distinguent nettement des quartzites du Trias inférieur.

[2] Polychroïsme : n_g vert-jaune pâle, n_m vert-bleu, n_p vert. Extinction $c : n_g = 15°$. Mâcles polysynthétiques. Plan des axes optiques perpendiculaire à (010). Signe optique positif.

Au type M_t prédominant s'associe en petite quantité, dans la formation H, un micaschiste de texture assez grossière, à deux micas. Sous le microscope, cette roche diffère de la précédente par la présence d'une biotite plus abondante que la muscovite et aussi que la chlorite; par contre, la magnétite et la sismondine y sont plus rares que dans le type M_t.

Paragneiss de Thamatten (P_t). — Ce type est très prédominant dans la formation J (p. 48). Au premier coup d'œil, l'habitus macroscopique peut sembler assez voisin de celui du gneiss P_w (p. 27); c'est fréquemment le cas en ce qui concerne la texture. Mais la roche est en moyenne plus onctueuse au toucher, ce qui annonce la présence de la séricite; les membranes micacées qui paraissent sur le plat sont souvent plus largement et plus régulièrement colorées par des infiltrations de limonite; le quartz de la roche se présente, à la loupe, en plus grande abondance.

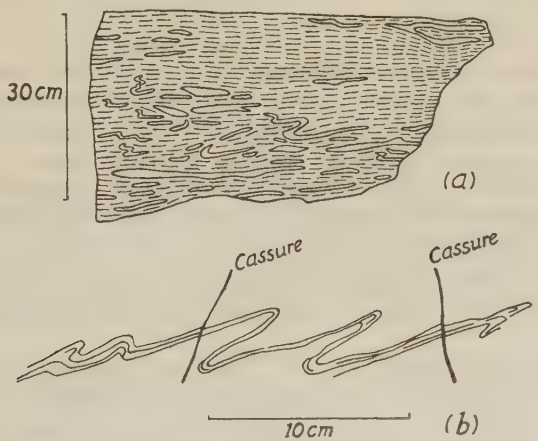


Fig. 15. Veinules de quartz sécrété dans le paragneiss du type Thamatten, près de Zerenggi (Saastal).

Assez fréquemment, et en particulier dans les régions de Thamatten, Zerenggi, Dählwald, Hochkraut, ainsi qu'aux environs de la cabane Weissmies du C. A. S., apparaissent dans la roche des veinules contournées de quartz sécrété. Ces sécrétions, dont la figure 15 donne des exemples, ont sans doute rempli à l'état naissant les décollements qui se produisaient entre les lits pendant le plissement.

Sous le microscope, le quartz, abondant, se présente en traînées faites d'une mosaïque cristalloblastique à gros grains; dans certains cas, il y a des restes de purées cataclastiques fines que la recristallisation n'a pas encore « guéries ». Le feldspath, en quantité presque toujours inférieure à celle du quartz, est de

l'albite (6 à 12 % An). Muscovite lamellaire, parfois à contournements hélicitiques; il s'y associe souvent de la séricite en agrégats fins, lépidoblastiques. Ces membranes montrent de la chlorite, qui ne manque jamais et qui paraît dériver d'une biotite dont il y a assez souvent, mais en petite quantité, des restes. Le grenat existe dans toutes les coupes examinées, en porphyroblastes ordinairement petits, à contours souvent nets résultant du sectionnement de rhombododécaèdres. Ce minéral est souvent associé étroitement à de la chlorite; toutefois, les associations à couronnes proprement kélyphitiques sont plutôt rares. Il existe toujours de la magnétite, quelquefois en voie de se transformer en oligiste; moins fréquents sont la zoïsite, en grains de basse biréfringence, et le zircon. On trouve dans certains cas un peu de pigment charbonneux en traînées diffuses.

Sur notre territoire, le gneiss P_t se trouve à peu près partout dans la formation J, notamment aux environs de Thamatten, à la Triftalp, dans la masse du Laquinhorn et dans le pli en retour de Bidemji.

Paragneiss du Zwischbergental (P_z). — Nous avons vu plus haut (p. 48-49) que ce type, dominant dans la formation K, est très semblable au paragneiss du Weissmies (P_w). Dans les deux cas, il s'agit de paragneiss albito-chlorito-muscovitiques grenatifères, les habitus macroscopiques étant très voisins et les habitus microscopiques également. Nous pouvons donc, pour l'essentiel, renvoyer à la diagnose du paragneiss P_w (p. 27).

Il convient, par contre, de signaler en peu de mots certains types plus spéciaux ou plus rares que j'ai rencontrés dans la formation K.

Un échantillon recueilli vers 2700 m. sur le versant E. de l'arête S.S.E. du Balmhorn (coordonnées approximatives du point: 109,2 — 649,0) diffère du P_z commun par la rareté relative du feldspath (qui est de l'albite) et par la présence d'un peu de corindon décelable sous le microscope. Il y a aussi un peu de tourmaline, d'ailleurs visible à l'œil nu.

A l'E.S.E. du point 2150 (Gross Stafel) se dessine une crête qui se prolonge dans la même direction et rejoint l'arête frontière un peu au N. du Monte Straciugo. Dans cette crête se rencontre, en un site un peu plus interne que les calcschistes mésozoïques, un gneiss de texture plutôt fine, à parallélisme peu exprimé, et riche en enduits roux limoniteux. La roche montre sous le microscope, outre de l'albite, un feldspath potassique complètement transformé en un mélange secondaire de quartz et de séricite, avec conservation fréquente des contours du feldspath (pseudomorphose). La muscovite en grandes lamelles est rare. Il y a par contre une quantité notable de séricite en membranes lépidoblastiques. Cette séricite en membranes provient très probablement,

elle aussi, de la transformation du feldspath potassique. Il y a de la chlorite, de la magnétite et un peu de zoïsite. Je n'ai pas constaté de grenat : ce minéral, contrairement à ce qui arrive d'ordinaire dans les gneiss P_z, est ici absent ou rare.

Le complexe K présente par places des zones d'imbibition et d'injection : le type P_z fait alors place à des types plus feldspathiques et riches en tourmaline, par exemple, sur la route de Bedemje à Zwischbergen.

Amphibolites et prasinites anciennes intercalées dans les gneiss du type Zwischbergental. — Ma carte géologique montre, sur le versant E. du Balmhorn, deux intercalations de roches vertes anciennes: l'une assez longue, au-dessus de 2700 m., l'autre plus courte, vers 2500 m. Un échantillon provenant de l'intercalation supérieure s'est révélé, sous le microscope, comme amphibolite feldspathique, avec amphibole verte dominante, albite, chlorite, clinozoïsite, pistazite, magnétite; la structure est diablastique. Un filonnet de quartz sécrété, étranger au tissu de la roche, traverse la préparation. J'ai recueilli, dans l'intercalation inférieure, un échantillon de prasinite amphibolique qui montre sous le microscope : albite dominante, amphibole verte, chlorite, clinozoïsite, sphène; la structure est surtout poïkiloblastique.

Orthogneiss. — Nous avons vu (L, p. 49) que les deux types principaux d'orthogneiss (O_p et O_m) rencontrés par nous dans la nappe *Mr* se retrouvent dans la partie de la nappe *Sb* qui pénètre sur notre territoire. Les similitudes vont si loin qu'il n'est pas nécessaire de donner ici de nouvelles diagnoses; on voudra donc bien se rapporter à celles du type O_p (p. 15) et du type granito-porphyrique O_m (p. 16). La répartition des deux types principaux dans notre fragment de la nappe *Sb* a aussi été indiquée p. 49. Nous pouvons ajouter ici que dans le petit territoire orthogneissique situé au S. de Bidemji, l'orthogneiss O_p existe sous les deux variétés granitique et aplitique.

Observations détaillées.

Dans le pli en retour de Bidemji. — Cette partie de la nappe *Sb* est formée de paragneiss P_t avec une bande d'orthogneiss intercalée. La tête anticlinale de ce pli en retour se termine en une sorte de bec qui s'insinue entre la poche du Hohtossen au-dessus et le synclinal du Grauhorn au-dessous. Ce dernier recouvrement se voit bien dans le Thälibach. La tête anticlinale est enveloppée par des schistes lustrés qui, chose intéressante, sont plus épais dans le flanc renversé que dans le flanc normal, au-dessous du Hohtossen. Remarquable aussi est la suppression mécanique de la bande orthogneissique dans le flanc renversé de l'anticlinal.

Dans le pli en retour du Balmhorn. — En ce qui concerne le flanc *normal* de ce pli, rappelons nos observations faites au col situé à l'W. du Schienhorn (p. 43 et fig. 13). — Passant au flanc *renversé*, qui se dessine de la Bockfluh Alp au Monte Straciugo, nous avons pu observer en sept points [1] au moins le contact entre les gneiss anciens et les roches vertes mésozoïques. En tous ces points, nous avons reconnu que le contact est franc, c'est-à-dire exempt de transitions. En plusieurs d'entre eux, il y a des traces d'actions mécaniques, les roches vertes étant plus ou moins étirées et froissées. — Le contact des gneiss et des roches vertes est souligné sur de grandes longueurs par la topographie. Quant au plongement, il varie selon les points. A la Bockfluh Alp, gneiss et roches vertes plongent au N.N.W., celles-ci étant recouvertes par ceux-là. Les mêmes relations persistent plus à l'E., sur le versant gauche de la vallée, jusqu'aux approches de Fahbrunnen. A Fahbrunnen même, le contact est vertical. Sur la rive droite, en allant vers le Monte Straciugo, gneiss et roches vertes plongent fortement au N.

Dans la zone mésozoïque de la Cima d'Azoglio. — Près de l'Alp Vaz s'intercale dans les paragneiss P_z une mince bande de calcschistes micacés accompagnés d'un peu d'amphibolites mésozoïques, le tout plongeant de 80° au N. comme les gneiss limitrophes. L'épaisseur de ce synclinal mésozoïque n'est que de quelques mètres, dont 1 à 2 m. pour les calcschistes. Plus à l'E., sur l'arête du Gross Stafel, le synclinal se redresse à la verticale; en même temps, il se double d'un autre synclinal de schistes lustrés, puissant de 1 m. seulement, qui court un peu au S. du premier et parallèlement à lui, mais qui s'écrase rapidement vers l'E. A environ 1 km. à l'E. du Gross Stafel, dans un vallon [2] qui descend de l'arête frontière, on trouve un faisceau synclinal mésozoïque que je crois être la continuation du précédent, vraisemblablement un peu rejetée vers le N. par une fracture transversale dirigée S.-N. et figurée par ma carte dans la longitude 652. L'existence de cette fracture est fortement suggérée par les détails de la topographie réelle. Ce faisceau comprend, outre des schistes lustrés, des marbres triasiques qui forment, dans les parages 109,95 — 653,05, une poche lenticulaire à laquelle fait suite, vers le S.E., une mince bande de marbre qui apparaît dans un couloir, lequel aboutit, entre le Monte Straciugo et la Cima d'Azoglio, à l'arête frontière.

[1] Soit quatre points entre la Bockfluh Alp et les approches de Fahbrunnen, puis à Fahbrunnen même, et en deux points situés à l'E. de cette localité, le plus élevé des deux répondant au croisement du contact avec le chemin de Pontimia à Vaz.

[2] Le torrent qui arrose ce vallon est consigné par la carte dans la longitude 653, mais la topographie du vallon lui-même est inexactement rendue.

A la frontière, la zone s'élargit; elle comprend du S.W. au N.E. et de bas en haut :

1) Quartzites feldspathiques, par places avec feldspaths étirés en fuseaux;
2) Calcschistes, quelques mètres;
3) Gneiss riches en mica, 2 à 3 mètres;
4) Marbres dolomitiques, quelques mètres.

Toutes les couches sont dirigées N.W.-S.E. et plongent de 30° à 40° au N.E.

Sous la Cima d'Azoglio, du côté italien, on aperçoit une épaisse succession de marbres surmontée de schistes lustrés plongeant au N.E. C'est sans doute la continuation orientale de la même zone. Le synclinal de la Cima d'Azoglio se continue plus à l'E. sur l'Alpe del Dente, comme le montrent les levés de Stella (**84**). Les cartes de Gerlach (**49**, **45**) signalent déjà des marbres dans cette dernière région, mais elles n'indiquent pas le Mésozoïque de la Cima d'Azoglio.

CHAPITRE IV

NOTES SUR LE QUATERNAIRE

Outre les alluvions, les éboulis, les débris des pentes et les éboulements, le Quaternaire de notre région est représenté par des dépôts glaciaires, lesquels se divisent en deux catégories : dépôts glaciaires récents et dépôts glaciaires plus anciens. Les premiers, que ma carte distingue en un brun très clair, répondent à des stades très jeunes, de date préhistorique et historique, y compris les moraines en voie de dépôt actuel. Les seconds, figurés sur la carte en bleu clair, répondent essentiellement au stade de Daun. L'existence de moraines du stade de Gschnitz dans notre région est en effet peu vraisemblable étant donné le site, très reculé à l'amont, de tous nos territoires. Nous commençons par les dépôts anciens.

Dépôts glaciaires anciens dans la vallée de Saas. — Quand on parcourt la vallée de Saas, de Thamatten à Almagel, on remarque des épaulements qui se dessinent sur les deux versants de la vallée. Ces replats au sol fertile sont habités et intensément cultivés. Chacun d'eux, ou presque, porte un pâturage entouré par des mélèzes, et dans ce pâturage, un hameau ou des chalets. Sur le versant droit de la vallée, ce sont, par exemple, les épaulements de Dählwald (1860 à 2000 m.), Brunnen (1890 à 2000 m.), Furgstalden (1800 à 1950 m.); sur le versant gauche, Bärenfälle (1740 à 1920 m.), Saas-Fee — Wildi (1760 à 1950 m.). On voit que ces épaulements sont situés à 200 ou 300 m. au-dessus du fond actuel de la vallée. Ils sont les restes d'un état ancien de la vallée, modifié par le glacier.

Dans les vallées latérales se marquent des moraines superficielles dont les crêtes sont aisément reconnaissables. Ce matériel morainique est toujours de provenance locale. D'excellents exemples de ces crêtes morainiques se trouvent à la Triftalp et dans l'Almagelertal.

Quelques-uns de nos *blocs erratiques de roches vertes* posent un problème qui mérite examen. On trouve dans la vallée principale de Saas de gros blocs erratiques de gneiss, mais aussi de gabbro et de serpentine. Le gabbro est, dans la règle, à smaragdite (gabbro dit « allalinite ») et provient de la région de l'Allalinhorn. Comme on le voit sur ma carte, où j'ai indiqué les principaux blocs de ces roches basiques, ils se trouvent non seulement au fond de la vallée mais aussi sur le versant droit, circons-

tance intéressante étant donné que les gisements d'origine sont sur le versant gauche. Près de la cascade de Zenlauenen, par exemple, des blocs de gabbro reposent sur le gneiss P_w (fig. 16) à environ 150 m. au-dessus du village. Il y a aussi, dans ces parages, des blocs de serpentine. D'autres blocs de gabbro ou de serpentine se rencontrent plus haut, jusqu'à environ 350 m. au-dessus de Zenlauenen. Les plus grands blocs erratiques mesurent de 4 à 5 m. Fait remarquable : les blocs de roches basiques, qui proviennent de l'Allalin, et ceux de roches ultrabasiques qui pro-

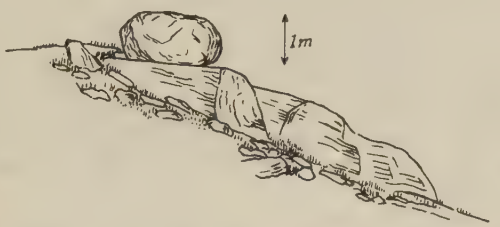


Fig. 16. Bloc erratique de gabbro en repos sur le gneiss P_w à environ 150 m. au-dessus de Zenlauenen.

viennent aussi du versant gauche, sont plus nombreux sur le versant droit de la vallée. C'est le cas, notamment, au-dessus de Zenlauenen, aux abords immédiats de Saas-Grund et au-dessous de Brunnen. Or, cette distribution n'a rien de paradoxal, si l'on réfléchit que les affluents de gauche du glacier principal du Saastal étaient beaucoup plus puissants [1] que les affluents de droite, et que leur poussée prépondérante a déplacé vers la droite les filets d'écoulement correspondant aux moraines, alors médianes, qui charriaient les blocs de roches vertes mésozoïques.

Dépôts glaciaires anciens dans le Zwischbergental. — La topographie de la région située au droit de la Gemein-Alp et de Bedemje est caractérisée par trois éléments : en bas, de 1800 à 2100 m. environ, l'auge glaciaire, étroite et profonde; au milieu, de 2100 à 2300 m. approximativement, un épaulement plus ou moins large; au-dessus, une topographie à éléments multiples dont les plus apparents sont les cirques.

Pour ce qui est de l'auge, elle est encore sensible plus en amont : à gauche dans les roches mésozoïques au-dessus du Siebelen Boden, à droite dans le Schwarz Tschuggen. Tout au fond, elle se clôt (Trogschluss) par une paroi de gneiss qui supporte l'extrémité du glacier de la Gemein-Alp (voir notre panorama en couleurs, pl. II, fig. 1).

[1] Un contraste du même genre existe encore aujourd'hui, toutes proportions gardées, entre le degré de glaciation des deux versants de la vallée principale.

Quant à l'épaulement, il est bien marqué sur le versant gauche, à la Balmfluh Alp et à la Bockfluh Alp. Il l'est mieux encore sur le versant droit, dans les vastes replats de Pontimia et de Pajanasca, continués à l'amont par l'Alpe Porcarescia, plus étroite et plus inclinée. L'épaulement de gauche se poursuit, en amont de la Bockfluh Alp, dans la vaste esplanade qui existe vers 2700 m. sous le Siebelenfluhhorn et le Tossenhorn (pl. II, fig. 1).

La même figure montre, au pied S.S.E. du Thälihorn, un beau cirque actuel occupé par un petit glacier. La ligne climatique des neiges répond sensiblement, ici, à l'altitude de 3000 m. Notre figure montre encore un deuxième cirque, de petites dimensions mais bien net, qui se creuse dans les roches vertes immédiatement à droite (Est) du Siebelenfluhhorn, et dont le fond [1] se trouve peu au-dessous de 3000 m. Plus bas et à l'E., sous le col du Schienhorn, un troisième cirque se creuse à la limite des gneiss et des roches vertes, et comme son fond se trouve à environ 300 m. plus bas, soit vers 2700 m., on a sans doute affaire à un cirque de l'époque de Daun.

Signalons enfin les beaux lacs glaciaires qui se trouvent sur l'épaulement de Pontimia, sur l'Alpe de Pajanasca et au-dessous du Passo del Busin.

Dépôts glaciaires récents. — Sur notre territoire, les glaciers sont nombreux mais de dimensions modérées. Beaucoup d'entre eux sont des glaciers de cirque : de bons exemples en sont fournis par les deux compartiments septentrionaux du Rothplattgletscher, l'un à l'W. du Portje, l'autre à l'W. du Portjengrat. Les dépôts récents de nos glaciers sont très abondants; dans la règle, les moraines latérales s'expriment par des crêtes magnifiques. Il existe quelquefois, au bord d'un glacier, plus d'une série de moraines. C'est le cas, par exemple, pour la branche N. du Melliggletscher et pour le Roththalgletscher. Il n'y a pourtant pas, d'un glacier à l'autre, assez de régularité dans ces séries de moraines pour qu'elles puissent faire l'objet d'une corrélation générale.

Eboulements. — Il existe dans notre région deux éboulements de dimensions assez considérables : celui du Moosguffer en Saastal et celui du Siebelen Boden en Zwischbergental.

L'éboulement du Moosguffer, de forme assez régulière, occupe une aire de 450,000 mètres carrés. Il consiste en gros blocs anguleux de paragneiss du type P_w et d'orthogneiss du type O_p, détachés de la Weissfluh où affleurent les mêmes types et où l'on voit encore très bien la niche d'arrachement [2]. Aux parois de la niche, on observe de grandes cassures dans les rochers, parfois

[1] En septembre 1934, ce fond était entièrement libre de neige.

[2] La feuille 535 (Saas) de l'Atlas topographique donne une assez bonne idée de cette niche.

entre paragneiss et orthogneiss. Ces cassures peuvent être l'amorce d'éboulements futurs. La masse éboulée s'étend jusqu'au thalweg de la Saaservisp en refoulant la rivière à l'W. Près du hameau de Moos, j'ai trouvé des blocs erratiques de serpentine et de gabbro mélangés aux blocs de l'éboulement. L'âge de celui-ci est donc assez récent, plus récent en tout cas que les blocs erratiques en question.

L'éboulement du Siebelen Boden a presque la même étendue que le précédent, mais, par suite du peu d'exactitude de la carte topographique dans ces parages, on ne peut calculer son aire avec précision. D'autre part, il est représenté en grande partie sur ma planche II, figure 1. Il est composé principalement de blocs du gneiss P_w évidemment détachés de la Siebelenfluh, dont la paroi nette constitue l'essentiel de la niche d'arrachement. Une petite partie de cet éboulement a pourtant été alimentée par les roches vertes : c'est celle qui se trouve à droite du ravin que ma figure dessine à l'intérieur de la masse éboulée : les blocs de cette région restreinte sont en serpentine ou en amphibolite.

CHAPITRE V

CONCLUSIONS

Le premier aperçu fourni par l'introduction, et surtout les données objectives qui remplissent nos trois premiers chapitres, nous permettent, avec l'aide de la figure 17 et de l'esquisse tectonique jointe à notre carte, de formuler les conclusions du présent mémoire.

1. *L'anticlinal plongeant du Portjengrat* (V_2) se divise vers le bas en trois digitations anticlinales, elles aussi plongeantes, qui sont, en allant du S. au N., celles de la Cima del Rosso, du Passo d'Andolla et du Schwarz Tschuggen (p. 13, 44-45).

2. *La zone synclinale du Zwischbergenpass* sépare les anticlinaux plongeants V_2 et V_3. Elle est divisée par un certain nombre de lames anticlinales peu épaisses et de caractère vermiculaire (p. 25-26).

3. *L'anticlinal plongeant du Weissmies* (V_3), que j'ai découvert au cours de mes recherches, est un trait nouveau de la nappe du Mont Rose. Nous avons vu (p. 9) que les gneiss qui forment le gros du Weissmies se continuent *à l'W.S.W.* et non pas à l'W.N.W. comme on le croyait depuis l'époque de Gerlach. Toute jonction en surface entre la zone mésozoïque du Zwischbergenpass d'une part, et celle du Grundberg ou de Unter dem Berg d'autre part, est donc impossible. Il s'ensuit que la région gneissique du Weissmies forme un anticlinal compris entre les zones synclinales du Zwischbergenpass et du Grundberg. Dans ces conditions, l'anticlinal du Weissmies ne peut appartenir qu'à la nappe du Mont Rose. Il doit de plus être plongeant, ce qui, pour être démontré, exige qu'on fasse voir son substratum mésozoïque. Or ce substratum est visible au jour, dans la région à l'E. du Weissmies, grâce à la montée axiale. Cette montée révèle aussi le fait que l'anticlinal du Weissmies se résout, près de son extrémité, en deux digitations plongeantes, l'une méridionale (p. 28), l'autre septentrionale (p. 28). La digitation méridionale se plante d'en haut et presque verticalement (fig. 17) dans le substratum mésozoïque, et l'on voit fort bien, à l'E. du Siebelenfluhhorn, comment ce substratum s'enfonce en direction axiale sous les gneiss. Quant à la digitation septentrionale, elle est séparée de la précédente (fig. 17) par la poche synclinale du Hohtossen. Son substratum mésozoïque est formé par les amphibolites du Hoh-

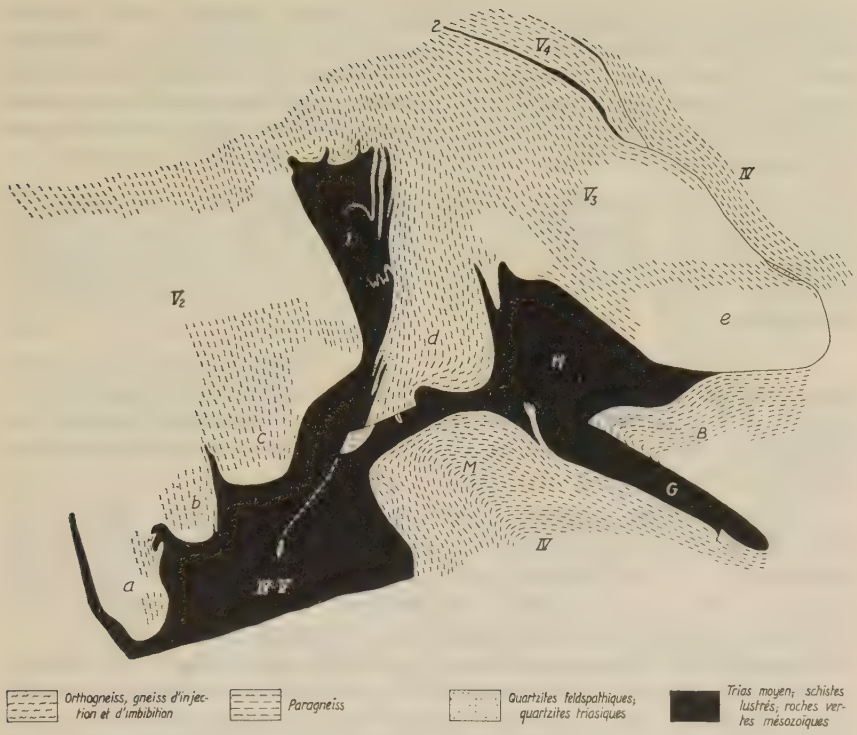


FIG. 17. Coupe tectonique synthétique de la région étudiée.

On comparera avec l'esquisse tectonique en plan jointe à la carte géologique, et avec la fig. 6. — *Nappe du Mont Rose*. V_2, anticlinal plongeant du Portjengrat, avec *a*, digitation de la Cima del Rosso, *b*, digitation du Passo d'Andolla, et *c*, digitation du Schwarz Tschuggen ; 1, zone synclinale du Zwischbergenpass ; V_3, anticlinal plongeant du Weissmies, avec *d*, sa digitation méridionale, et *e*, sa digitation septentrionale ; 2, zone synclinale du Grundberg ; V_4, anticlinal plongeant de Saas-Grund. — *Synclinal IV-V :* H, poche du Hohtossen ; G, synclinal du Grauhorn. — *Nappe du Grand Saint-Bernard :* M, pli en retour du Balmhorn ; B, pli en retour de Bidemji.

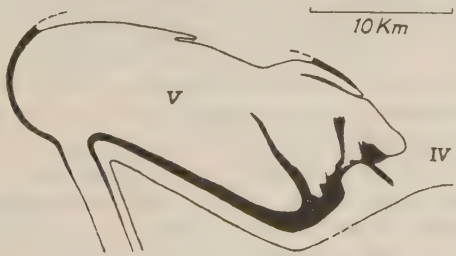


FIG. 18. Relations de la nappe du Mont Rose (V) avec la nappe du Grand Saint-Bernard (IV).

tossen et de Galki, dont la plongée axiale se fait vers le S.W. ou l'W.S.W., et qui doivent ainsi, dans cette direction, s'enfoncer sous le Weissmies. Cette partie du contact est cachée par le glacier de Laquin, mais cette circonstance n'infirme pas les preuves, à notre avis suffisantes, que la région située plus au S. fournit en faveur du flottement de l'anticlinal V_3 sur le Mésozoïque.

4. *La zone synclinale du Grundberg*, qui entre sur mon territoire près de Zenlauenen, se continue de là à l'E.S.E. jusqu'à l'arête S.W. du Trifthorn, puis se poursuit vers le N.N.E. vers le Schwarzmies (p. 29, note 1); elle passe ainsi nettement à l'W. du Weissmies.

5. *L'anticlinal de Saas-Grund* (V_4), compris entre les synclinaux du Grundberg et du Triftgrätli, peut être suivi assez loin vers le N.E. Le rocher de coordonnées 641,20 — 108,40 (p. 32) lui appartient encore. Cet anticlinal paraît cesser sous les vastes couvertures morainiques de la région de Melligen.

6. *La zone de contact entre les nappes du Mont Rose et du Grand Saint-Bernard* nous a montré nombre de particularités intéressantes. — Les nombreuses digitations triasiques qui, entre Saas-Fee et la Hannigalp, compliquent le flanc normal de V_4 (p. 33 et fig. 10) n'existent plus dans le prolongement E. du synclinal, entre Unter dem Berg et le Triftgrätli. Seuls les schistes lustrés du synclinal principal IV-V se continuent jusque là. Ils sont d'ailleurs très réduits en épaisseur (p. 41). — Leur continuation, réelle ou peut-être déjà virtuelle par écrasement, peut être encore repérée entre le rocher 641,10 — 108,45, qui est en micaschiste M_t (p. 32) de la nappe du Grand Saint-Bernard, et le rocher 641,20 — 108,40, qui est en paragneiss P_w (p. 32) de la nappe du Mont Rose. — Le contact des deux grandes nappes apparaît aussi dans le gros contrefort qui sépare les deux branches du Melliggletscher, mais ici le M_t repose directement sur le P_w, sans interposition de Mésozoïque, d'où il suit que ce dernier est écrasé et que les noyaux des deux grandes nappes sont en contact mécanique. — Les quartzites feldspathiques que nous avons découverts dans le contrefort E. du Laquinhorn, près du point 2764 (p. 34, 35, 42), ont certainement une grande importance, en ce qu'ils nous permettent de jalonner, plus loin encore, la trace du contact mécanique entre les deux grandes nappes. Immédiatement au-dessous d'eux commencent les paragneiss P_w, de la nappe du Mont Rose, et immédiatement au-dessus les paragneiss P_t (p. 51), de la nappe du Grand Saint-Bernard. Il est clair qu'ici toute trace de la série pennique moyenne a disparu par écrasement. — Il en est très probablement de même sur l'arête N. du Weissmies, qui est comprise entre les deux points où nous avons observé avec certitude l'écrasement du synclinal IV-V. J'ai parcouru toute l'arête N. du Weissmies, du sommet au Laquinjoch, sans rencontrer de ter-

rains appartenant à la série pennique moyenne, ni d'ailleurs de quartzites ordinaires ou de quartzites feldspathiques. Mais nous avons relaté (p. 42) le fait que sur cette arête, un peu au S. du point 3712, les paragneiss du type Thamatten, qui font partie de la nappe du Grand Saint-Bernard, se rencontrent tout près des paragneiss du type Weissmies, que nous rangeons dans la nappe du Mont Rose. Il y a selon toute vraisemblance, ici également, contact direct et mécanique entre les noyaux des deux grandes nappes. — Reste enfin le Triftgrat, contrefort qui sépare les glaciers de Hochkraut et de Mellig Nord. J'ai trouvé au point 3389 les paragneiss P_w, de la nappe *Mr*, et au point 643,15 — 109,75, vers 3250 m., les paragneiss P_t, de la nappe *Sb*. Entre ces deux points, distants d'environ 300 m., doit passer le synclinal IV-V, vraisemblablement écrasé.

La suppression du synclinal IV-V doit être regardée comme un épisode terminal de la phase Mont Rose (**12-14**); la nappe du Mont Rose, en s'encapuchonnant dans la nappe du Grand Saint-Bernard, a fini par rencontrer la résistance directe du noyau de celle-ci, dans la mesure précisément où le synclinal IV-V a été complètement écrasé. Du contrefort de Melligen au point 2764, il y a en ligne droite $3^{km},5$; c'est sur une longueur au moins équivalente que cet écrasement a eu lieu (fig. 17).

7. *La nappe du Grand Saint-Bernard* se complique, dans notre territoire, de deux plis en retour nouveaux, celui de Bidemji et celui du Balmhorn (p. 47), entre lesquels passe le synclinal mésozoïque du Grauhorn. — En ce qui concerne le synclinal de la Cima d'Azoglio, celui-ci se prolonge sans doute au delà des limites de notre région, en sorte que de nouvelles recherches seront nécessaires pour préciser son rôle tectonique.

8. Quant à l'ensemble, la figure 18 montre quel site les configurations nouvelles (pli plongeant du Weissmies, plis en retour du Balmhorn et de Bidemji) occupent dans le schème général des deux grandes nappes. Par rapport aux coupes classiques d'Argand, de nouvelles complications se dessinent dans le bâti, mais elles sont régies par la loi même de ce bâti, telle que l'a conçue Argand : le style en plis plongeants, pour la nappe du Mont Rose, et le style à plis en retour, pour l'arrière-train de la nappe du Grand Saint-Bernard, sont confirmés par de nouveaux exemples.

BIBLIOGRAPHIE

Liste des abréviations les plus fréquentes.

Beitr. : Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz = *Mat.* : Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse.
Bibl. : La présente bibliographie.
B. R. C. G. It. : Bollettino del R. Comitato Geologico d'Italia.
B. S. G. F. : Bulletin de la Société géologique de France.
B. S. N. : Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles.
B. S. V. : Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles.
C. R. Acad. Sc. : Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des Sciences.
C. sp. : Carte spéciale (in *Mat.*).
Ecl. : Eclogæ Geologicæ Helvetiæ.
S. M. P. M. : Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen = *B. S. M. P.* : Bulletin Suisse de Minéralogie et Pétrographie.
Sp. K. : Spezialkarte (in *Beitr.*).
Verh. S. N. G. : Verhandlungen der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften (später : Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft) = *Actes S. H. S. N.* : Actes de la Société helvétique des Sciences naturelles.
Vjr. N. G. Zürich : Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.

OUVRAGES

1. Argand, Emile. Carte géologique du massif de la Dent Blanche (Moitié septentrionale). Echelle 1 : 50 000. *Mat.*, C. sp. 52, 1 fol. col., 1908.
2. Argand, Emile. L'exploration géologique des Alpes Pennines centrales. *B. S. V.*, vol. 45, 1909, p. 217-276, 3 fig., 1 pl. (III). — Réimprimé comme *Bulletin des Labor. de Géol.* [etc.] *de l'Univ. de Lausanne*, nº 14, 1909; 64 p., 3 fig., 1 pl.
3. Argand, Emile. Une vallée tectonique. La Doire Baltée en aval d'Aoste. *Revue de Géogr. annuelle*, t. 3, 1909, p. 381-391, 1 fig. [esquisse tectonique].
4. Argand, Emile. Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux. Une carte tectonique et deux stéréogrammes, avec texte explicatif. *Beitr.*, n. F., Lief. 31, 1911, p. 1-25, 3 pl.

5. Argand, Emile. Sur la répartition des roches vertes mésozoïques dans les Alpes Pennines avant la formation des grands plis couchés. *B. S. V.*, t. 47, 1911, p. XIX-XX (Proc.-verb.).
6. Argand, Emile. Sur les plissements en retour et la structure en éventail dans les Alpes Occidentales. *Ibid.*, 1911, p. XXXIII-XXXVI (Proc.-verb.).
7. Argand, Emile. Sur la limite des deux séries cristallophylliennes compréhensives dans les Alpes Occidentales. *Ibid.*, 1911, p. XLV-XLVII (Proc-verb.).
8. Argand, Emile. Les nappes de recouvrement des Alpes Occidentales et les territoires environnants. Essai de carte structurale. Echelle 1 : 500 000. *Mat.*, C. sp. n° 64, pl. I, 1 fol. col., 1911.
9. Argand, Emile. Neuf coupes à travers les Alpes Occidentales. Echelle 1 : 400 000. *Ibid.*, pl. II, 1 fol. col., 1911.
10. Argand, Emile. Coupes géologiques dans les Alpes Occidentales. Echelle 1 : 400 000 et 1 : 800 000. *Ibid.*, pl. III, 1 fol. col., 1911.
11. Argand, Emile. Les grands plis couchés des Alpes Pennines. Echelle 1 : 400 000. *Ibid.*, pl. IV, 1 fol. col., 1911.
12. Argand, Emile. Phases de déformation des grands plis couchés de la zone pennique. *B. S. V.*, t. 48, 1912, p. XIII-XVI (Proc.-verb.).
13. Argand, Emile. Encore sur les phases de déformation des grands plis couchés de la zone pennique. *Ibid.*, 1912, p. XX-XXII (Proc.-verb.).
14. Argand, E. Le rythme du proplissement pennique et le retour cyclique des encapuchonnements. *Ibid.*, 1912, p. XXIV-XXVII (Proc.-verb.).
15. Argand, Emile. Sur le drainage des Alpes Occidentales et les influences tectoniques. *Ibid.*, 1912, p. XXVIII-XXXII (Proc.-verb.).
16. Argand, Emile. Le faîte structural et le faîte topographique des Alpes Occidentales. *Ibid.*, 1912, p. XXXVI-XL (Proc.-verb.).
17. Argand, Emile. Sur la segmentation tectonique des Alpes Occidentales. *Ibid.*, t. 48, 1912, p. 345-356.
18. Argand, Emile. Sur l'arc des Alpes Occidentales. *Ecl.*, vol. 14, n° 1, juillet 1916, p. 145-191, pl. 3 et 4 (= 17 fig.).
19. Argand, Emile. Compte-rendu de l'excursion de la Société géologique Suisse à Zermatt les 16, 17 et 18 septembre 1915. *Ibid.*, p. 192-204.
20. Argand, Emile. Plissements précurseurs et plissements tardifs des chaînes de montagnes. Discours d'ouverture de la 101me session de la Soc. helv. des Sc. nat., *Actes S. H. S. N.*, 101me session, Neuchâtel 1920, IIme partie, p. 13-39, 2 fig.; Aarau 1921.
21. Argand, Emile. La géologie des environs de Zermatt. *Ibid.*, 104me session, Zermatt 1923, IIme partie, p. 96-110; Aarau 1923.
22. Argand, Emile. La tectonique de l'Asie. Conférence faite à Bruxelles, le 10 août 1922, devant le Congrès géologique international (XIIIme session). *Congrès géol. internat., Comptes rendus de la XIIIme session, en Belgique, 1922*, fasc. 1, Liége 1924; p. 171-372, 30 fig. [cf. p. 174-180, 352, fig. 16 et 19ter].
23. Argand, Emile. Carte géologique de la région du Grand Combin. Echelle 1 : 50 000. *Mat.*, C. sp. 93, 1 fol. col., 1934.

24. Argand, Emile. La zone pennique. *Guide géol. de la Suisse* publ. par la Soc. Géol. Suisse, fasc. III, p. 149-189, 1 fig., 2 pl. (I-II), Basel 1934, B. Wepf & Cie.

25. Argand, E. Visp (Viège)-Zermatt et Gornergrat. Excursion N° 28, *Ibid.*, fasc. VII, p. 475-489, 1 fig., Basel 1934.

26. Argand, Emile. Geologische Karte der Gegend von Zermatt. Carte géologique de la région de Zermatt. 1 : 50 000. *Mat.*, C. sp. 117, 1 fol. col. [en préparation].

27. Artini, E. e Melzi, G. Ricerche petrografiche e geologiche sulla Valsesia. *Memorie R. Istituto Lombardo*, vol. 18, pag. 219-390, 22 tavole [fra cui una carta geol. col. 1 : 150 000 ed una tav. di sezioni col.]. Milano 1900.

28. Bartholmès, François. Contribution à l'étude des roches éruptives basiques contenues dans le massif de la Dent Blanche. *Bulletin des Labor. de Géol.* [etc.] *de l'Univ. de Lausanne,* n° 27 ; 92 + [I] p., 2 fig., Genève 1920.

29. Bertrand, Marcel. Etudes dans les Alpes françaises. *B. S. G. F.*, 3me sér., t. 22, 1894 (Structure en éventail, massifs amygdaloïdes et métamorphisme, p. 69-118, 22 fig., 3 pl. [dont 1 carte géol. col. 1 : 320 000]. Schistes lustrés de la zone centrale, p. 119-162, 25 fig., 1 pl.). — (Réimpression dans *Oeuvres géologiques de Marcel Bertrand* recueillies par Emm. de Margerie et publ. sous les auspices de l'Académie des Sciences, t. II, Paris 1928, Dunod, p. 815-869 et pl. XV-XVII, p. 874-920 et pl. XVIII).

30. Bonney, T. G. Note on the Effect of Pressure upon Serpentine in the Pennine Alps. *Geological Magazine*, New Series, Decade 3, vol. 7, 1890, pp. 533-542, 3 figs.

31. Bonney, T. G. Petrological Notes on the Euphotide or Saussurite-smaragdite Gabbro of the Saasthal. *Philosophical Magazine,* 5th ser., vol. 33, 1892, pp. 237-250, 3 figs.

32. Bonney, T. G. On some Schistose 'Greenstones' and allied Hornblendic Schists from the Pennine Alps, as illustrative of the Effects of Pressure-metamorphism. *Quarterly Journal of the Geol. Society,* vol. 49, 1893, pp. 94-103.

33. Bosshard, L. Der Bau der Tessinerkulmination. *Ecl.*, vol. 19, N° 2, Sept. 1925 ; S. 504-521, 1 Taf. (XXII) [tekton. Übersichtskarte, ca. 1 : 200 000].

34. Collet, Léon W. The Structure of the Alps. XII-290 pp., 63 figs., 12 pl.,; London 1927, Edward Arnold & Co.

35. Cornelius, H. P. Über einige Probleme der penninischen Zone der Westalpen. *Geologische Rundschau*, Bd. 11, 1920, S. 289-318.

36. Desor, E. De l'orographie des Alpes dans ses rapports avec la géologie. *B. S. N.*, t. 6, 1er cahier, 1862, p. 147-211, 1 pl. [carte géol. des Alpes]. [Et tirage à part, avec modifications ; [II]-70 p., 1 pl., Neuchâtel 1862].

37. Desor, E. Der Gebirgsbau der Alpen. [IV]-151 S., 12 Fig., 1 Taf. [Geol. Karte der Alpenkette, 1 : 2 200 000, col.], Wiesbaden 1865.

38. Diener, Carl. Der Gebirgsbau der Westalpen. VI-243 S., 2 Taf. [tekton. Karten]. Wien, Prag und Leipzig 1891.
39. Ebel, J. G. Anleitung, auf die nützlichste und genussvollste Art die Schweitz zu bereisen. 3. Auflage, 4 Bde., Zürich 1809-1810. — Theil I, 1809; II, 1809; III, 1810; IV, 1810.
40. Eichenberger, R. Die geologischen Verhältnisse des oberen Saastales. Sonderabdruck (14 S. u. 1 Taf. col. (15) = 1 geol. Karte col. 1 : 50 000 mit Profilen) aus : Otto Lütschg, Über Niederschlag und Abfluss im Hochgebirge; *Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Verbandsschrift* Nr. 14, *Veröffentlichung der Hydrolog. Abt. der Schweiz. Meteorolog. Zentralanstalt in Zürich*, Zürich 1926.
41. Franchi, S. Sull' età mesozoica della zona delle pietre verdi nelle Alpi Occidentali. *B. R. C. G. It.*, vol. 29, 1898, pag. 173-247 e 325-482, 32 fig., 5 tav. (V-IX) [fra cui una carta geol. col. 1 : 490 000 (VI)].
42. Franchi, S. Sulla tettonica della zona del Piemonte. *Ibid.*, vol. 37, 1906, pag. 118-144, 1 tav. (III).
43. Gastaldi, B. Studii geologici sulle Alpi Occidentali [Parte prima]. Con appendice mineralogica di G. Strüver. *Memorie per servire alla descrizione della Carta geologica d'Italia*, vol. 1, 1871, pag. 1-48, 3 fig., 6 tav.
44. Gastaldi, B. Studii geologici sulle Alpi Occidentali. Parte seconda. *Ibid.*, vol. 2, parte 2ª, 1874, pag. 1-62, 2 tav.
45. *Geologische Karte der Schweiz.* 1 : 100 000. Blatt XXIII, Domo d'Ossola-Arona. Von H. Gerlach. [Ausgabe] A, 1 fol. col. und [Ausgabe] B, 1 fol. col., o. D. [1882].
46. *Geologische Karte der Schweiz.* 1 : 100 000. Blatt XVIII, Brieg-Airolo. Von Edm. von Fellenberg, J. Bachmann, C. Mœsch und H. Gerlach. 1 fol. col., o. D. [1885].
47. *Geologische Karte der Schweiz.* 1 : 500 000 [...] bearbeitet [...] von Alb. Heim & C. Schmidt. Hrsg. v. d. Schweiz. geolog. Commission. 1 fol. col., 1894. — 2. Auflage, 1 fol. col., 1911 (Mit einem Heft Erläuterungen, Aarau 1912, 14 S.). — Neudruck der 2. Auflage, 1 fol. col., 1927.
48. G[erlach], Fr. — Heinrich Gerlach, sein Leben und Wirken. *Beitr.*, [a. F.] Lief. 27, 1883, [1. Theil], 13 S.
49. Gerlach, H. Die Penninischen Alpen. Beiträge zur Geologie der Schweiz. *Neue Denkschriften der allg. schweizerischen Ges. für die gesammten Naturwissenschaften*, Bd. 23, 1869, 132 S., 4 Taf. [darunter die « Geologische Karte der Penninischen Alpen », 1 : 200 000, col.]. — Neudruck [ohne die Karte u. einen Teil der Tafeln] in *Beitr.*, [a. F.] Lief. 27, 1883, [2. Theil], 160 S., 1 Fig., 1 Taf.
50. Gerlach, H. Das südwestliche Wallis mit den angrenzenden Landestheilen von Savoien und Piemont. *Beitr.*, [a. F.] Lief. 9, 1871, [II]-176-[II] S., 3 Taf.
51. Gerlach, H., Die Bergwerke des Kantons Wallis nebst einer kurzen Beschreibung seiner geologischen Verhältnisse in Rücksicht auf Erz-

und Kohlenlagerstätten. 107 S., 7 Fig., 3 Taf. col., Sitten 1873, A. Galerini. — Neudruck [ohne die Tafeln] in *Beitr.*, [a. F.] Lief. 27, 1883, [3. Theil], 79 S., 7 Fig.

52. Grubenmann, U. Die kristallinen Schiefer. Eine Darstellung der Erscheinungen der Gesteinsmetamorphose und ihrer Produkte. 2. Auflage. XII-298 S., 23 Fig., 12 Taf., Berlin 1910.
53. Grubenmann, U. und Hezner, L. Zusammenstellung der Resultate über die von 1900-1915 im mineralogisch-petrographischen Institut der Eidg. Techn. Hochschule ausgeführten chemischen Gesteins- und Mineralanalysen. *Vjr. N. G. Zürich,* Jahrg. 61, 1916, S. 149-203.
54. Grubenmann, U. und Niggli, P. Die Gesteinsmetamorphose. 3te, völlig umgearbeitete Auflage von [«] Die kristallinen Schiefer [»...] von U. Grubenmann. — I. Allgemeiner Teil. XII-539 S., 160 Fig., Berlin 1924.
55. Haug, Emile. Etudes sur la tectonique des Alpes Suisses (Première partie). *B. S. G. F.*, 3me sér., t. 24, 1896, p. 535-594, 6 fig., 1 pl. (XXIII) [carte structurale].
56. Heim, Albert. Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschluss an die geologische Monographie der Tödi-Windgällen-Gruppe. 2 Bde. u. 1 Atlas. Basel 1878.
57. Heim, Albert. Die Schwereabweichungen der Schweiz in ihrem Verhältnis zum geologischen Bau. *Vjr. N. G. Zürich,* Jahrg. 61, 1916, S. 93-106, 3 Fig., 1 Taf.
58. Heim, Albert. Geologie der Schweiz. 2 Bde., Leipzig 1919-1922, Tauchnitz. — Bd. I, 1919 : XX-704 S., 7 gefaltete Tabellen, 134 Fig., 31 Taf. — Bd. II, 1. Hälfte, 1921 : S. I-XII, 1-476, 2 gef. Tabellen, 163 Fig., 27 Taf. — Bd. II, 2. Hälfte, 1922 : S. I-XXVI, 477-1018, 9 gef. Tabellen, 91 Fig., 18 Taf.
59. Hermann, Frédéric-Wladimir. Recherches géologiques dans la partie septentrionale des Alpes Pennines (Massifs Rocs de Boudri — Bella Tola et Sasseneire — Becs de Bosson). 114 p., 1 fig., 4 pl. [dont 1 carte géol. col. 1 : 50 000], Lyon 1913.
60. Hess, Hans. Die Gletscher. XII-468 S., 75 Abb., 4 Taf., Braunschweig 1904.
61. Hess, Hans. Alte Talböden im Rhonegebiet. *Zeitschr. f. Gletscherkunde,* Bd. 2, 1907-08, S. 321-361, 36 Fig., 1 Taf. (I) [Karte 1 : 250 000]; Berlin 1908. — [cf. S. 351, 356-357, 360].
62. Huttenlocher, Hrch. F. Die Erzlagerstätten der Westalpen. *S. M. P. M.*, Bd. 14, 1934, S. 22-149, 1 Tabelle, 7 Fig., Taf. I [Erzlagerstättenkarte der Westalpen 1 : 750 000], II-XX.
63. Lugeon, Maurice. Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *B. S. G. F.*, 4me sér., t. 1, 1901, p. 723-823, 14 fig., 4 pl. (XIV-XVII) [dont 1 carte tectonique (XVII)].
64. Lugeon, Maurice et Argand, Emile. Sur les grandes nappes de recouvrement de la zone du Piémont. *C. R. Acad. Sc.*, t. 140, 1905, p. 1364-1367.
65. Lugeon, Maurice et Argand, Emile. Sur les homologies dans les nappes de recouvrement de la zone du Piémont. *Ibid.*, p. 1491-1493.

66. Machatschek, Fritz und Staub, Walther. Morphologische Untersuchungen im Wallis. *Ecl.*, vol. 20, N° 3, août 1927; S. 335-379, 3 Fig., 1 Taf. (IX).
67. Marshall-Hall and Heddle. On Serpentinous Minerals from the Saas Thal and from Scotland. *Mineralogical Magazine,* vol. 3, N° 16, 1880, pp. 252-254.
68. Marshall Hall. On Rocks from the Saas-Thal and Geneva. *Proceedings of the Geologists' Association*, vol. 11, N° 4, 1889, pp. 179-187.
69. Martonne, Emm. de. L'érosion glaciaire et la formation des vallées alpines. — Premier article : *Annales de Géogr.*, t. 19, 1910, p. 289-317, 9 fig. — Second article : *Ibid.*, t. 20, 1911, p. 1-29, 12 fig., 6 pl.
70. Martonne, Emm. de. L'évolution des vallées glaciaires alpines[,] en particulier dans les Alpes du Dauphiné. *B. S. G. F.*, 4me sér., t. 12, p. 516-549, 8 fig.
71. Niggli, Paul. Petrographische Provinzen der Schweiz. *Festschrift Albert Heim* (= *Vjr. N. G. Zürich,* Jahrg. 64, Heft 1-2, 1919), S. 179-212, 31 Fig.
72. Niggli, P., de Quervain, F., Winterhalter, R. U. Chemismus schweizerischer Gesteine. *Beiträge zur Geol. der Schweiz, Geotechnische Serie,* Lief. 14, 1930, VIII-389 S., 59 Fig., 1 Taf.
73. Noë, Franz. Geologische Übersichtskarte der Alpen, 1 : 1 000 000. 1 fol. col., Wien 1890. Dazu ein Heft Erläuterungen [...] nebst einigen begleitenden Worten [S. 3-9] von Eduard Suess, 27 S., Wien 1890.
74. Novarese, V. Nomenclatura e sistematica delle roccie verdi nelle Alpi Occidentali. *B. R. C. G. It.*, vol. 26, 1895, pag. 164-181.
75. Novarese, Vittorio. Le Alpi Piemontesi. *Memorie Soc. Geogr. Italiana,* vol. 9, parte I, 1899, pag. 25-81, 6 fig.
76. Nussbaum, Fritz. Die Täler der Schweizeralpen. Eine geographische Studie. *Wissenschaftl. Mitt. des Schweiz. Alpinen Museums in Bern*, N° 3; IV-116 S., 12 Abb., 3 Taf., Bern 1910.
77. Nussbaum, Fr. Die Tal- und Bergformen des Vispgebietes. *Jahrb. des Schweizer Alpenclub,* Jahrg. 46, 1910-1911, S. 228-250, 7 Fig., 3 Taf.
78. Penck, Albrecht und Brückner, Eduard. Die Alpen im Eiszeitalter. 3 Bde., XXXVI-1200 S., 30 Taf., 19 Karten. Leipzig 1909, Tauchnitz. — [cf. Bd. 2, S. 611].
79. Preiswerk, H. Die Grünschiefer in Jura und Trias des Simplongebietes. — *In* C. Schmidt und H. Preiswerk, Geologische Beschreibung der Lepontinischen Alpen, *Beitr.*, [a. F.] Lief. 26, 1. Teil, 1907, S. XV-XVI, 1-42, 9 Fig.
80. Romer, E[ugeniusz]. Mouvements épeirogéniques dans le haut bassin du Rhône. *B. S. V.*, vol. 47, n° 172, mars 1911, p. 65-200, 8 fig., 1 tabelle, 3 pl.
81. [*R.*] *Ufficio Geologico.* Carta geologica d'Italia. Scala 1 : 1 111 111, 4 fol. col., Roma 1881.
82. *R. Ufficio Geologico.* Carta geologica delle Alpi Occidentali. Scala di 1 : 400 000. 1 fol. col., Roma 1908.

83. *R. Ufficio Geologico.* Carta geologica d'Italia. 1 : 100 000. Foglio 29, M^te Rosa (Autori : E. Mattirolo, V. Novarese, S. Franchi, A. Stella), 1912.
84. *R. Ufficio Geologico.* Carta geologica d'Italia. 1 : 100 000. Foglio 15. Domodossola (Autori : V. Novarese, A. Stella), 1913.
85. *R. Ufficio Geologico.* Carta geologica d'Italia. 1 : 100 000. Foglio 30. Varallo (Autori : E. Mattirolo, V. Novarese, S. Franchi, A. Stella), 1927.
86. *R. Ufficio Geologico.* Carta geologica d'Italia nella scala da 1 : 1 000 000; 6 fol. col., Roma 1931 · X · E. F.
87. Rütimeyer, L. Über Thal- und See-Bildung. Beiträge zum Verständniss der Oberfläche der Schweiz. [II]-94-[II] S., 16 Abb., 1 Karte col., Basel 1869.
88. Sacco, Federico. Les Alpes Occidentales. Schéma géologique. 196 p., 3 pl. col. (1 schéma géol.-tecton. 1 : 500 000; 1 carte géo-tectonique 1 : 1 000 000; 1 pl. de coupes géol.), Turin 1913.
89. Saussure, Horace-Bénedict de. Voyages dans les Alpes, précédés d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève. 4 tomes, 1779-1796. — Tome I, Neuchâtel 1779; II, Genève 1786; III, Neuchâtel 1796; IV, Neuchâtel 1796. — [cf. t. IV, p. 359].
90. Schäfer, Raimund William. Ueber die metamorphen Gabbrogesteine des Allalingebietes im Wallis zwischen Zermatt- und Saasthal. *Tschermak's Miner. u. Petrogr. Mitteilungen*, n. F., Bd. 15, Heft 1-2, 1895, S. 91-134, 3 Fig., 1 Taf. [geol. Karte col. 1 : 37 500].
91. Schardt, H. Die modernen Anschauungen über den Bau und die Entstehung des Alpengebirges. *Verh. S. N. G.*, 89. Jahres-Vers. in St. Gallen, 1906, S. 308-346, 2 Taf. col. [darunter 1 geotekton. Karte], Aarau o. D.
92. Schardt, H. Les vues modernes sur la tectonique et l'origine de la chaîne des Alpes. *Arch. sc. phys. et nat.*, 4^me pér., t. 23, p. 356-385, 483-496, 2 pl. col. [dont 1 carte géotecton. de la Suisse, 1 : 1 300 000], Genève, avril-mai 1907.
93. Schardt, H. Géologie. Tirage à part de « La Suisse », 59 p., fig., 1 tableau, 3 pl. col. [dont une carte géotecton. de la Suisse, 1 : 1 500 000] [La couverture du tirage séparé porte le titre « Géologie de la Suisse ». Neuchâtel 1908. Publications du Dictionnaire géogr. de la Suisse].
94. Schardt, H. Coup d'œil sur la géologie et la tectonique des Alpes du canton du Valais. *Bull. Soc. Murithienne des Sc. nat. du Valais*, t. 35, p. 245-355, 7 pl. [dont 1 carte], Sion 1909.
95. Schlagintweit, Adolph und Schlagintweit, Hermann. Neue Untersuchungen über die physicalische Geographie und die Geologie der Alpen. XVI-630 S. Mit einem Atlas von 22 Taf., Leipzig 1854.
96. Schmidt, C. Ueber die Geologie des Simplongebietes und die Tektonik der Schweizeralpen. *Ecl.*, t. 9, N° 4, Sept. 1907, S. 484-584, 10 Fig., 8 Taf. (7-14) [darunter 1 geol. Karte 1 : 350 000 col.].
97. Schmidt, Carl. Bild und Bau der Schweizeralpen. 91 S., 84 Fig., 3 Taf., Basel 1907.

98. Schmidt, C. Erläuterungen zur Karte der Fundorte von Mineralischen Rohstoffen in der Schweiz 1 : 500 000. *Beiträge zur Geol. der Schweiz*, hrsg. v. d. Geotechn. Komm. der Schweiz. Naturf. Ges., 76 S. (Beilage : die Karte, 1 fol. col., Bern 1917), Basel 1917.

99. Schmidt, C. Texte explicatif de la Carte des Gisements des matières premières minérales de la Suisse, 1 : 500 000. *Matériaux pour la Géol. de la Suisse*, publiés [...] par la Comm. géotechn. de la Soc. helv. des Sc. nat., 256 p., 5 fig., 3 pl. (et en annexe : la Carte [deutscher Titel, cf. *Bibl.* **98**], 1 fol. col., Bern 1917); Bâle 1920.

100. Schmidt, C., Buxtorf, A. und Preiswerk, H. Führer zu den Exkursionen der Deutschen Geologischen Gesellschaft im südlichen Schwarzwald, im Jura und in den Alpen, August 1907. 70 S., 77 Fig., 2 Taf., Basel 1907.

101. Schmidt, C. und Preiswerk, H. Geologische Karte der Simplon-Gruppe. Mit Verwertung der Aufnahmen von A. Stella. 1 : 50 000. *Beitr.*, [a. F.], Lief. 26, Sp. K. 48, o. D. [1908], 1 fol. col. (= Taf. I). — Dazu 1 Heft (Nr. 6) Erläuterungen, VIII-72 S., 6 Fig., 8 Taf. (= Taf. II-IX) [darunter 1 geol. Karte col. 1 : 350 000 (IV)], Zürich 1908.

102. Schnell, J. R. Les Roches Basiques des Nappes Penniques. *B. S. M. P.*, Bd. 1, Heft 3-4, 1921, S. 215-309, 3 + 16 Fig.

103. *Schweizerische Alpenposten. Saastal. Poststrasse Stalden—Saas-Fee.* Hrsg. v. d. Eidg. Postverwaltung. Bern, o. D. [1934], Kümmerly & Frey. [Innerer Titel :] Das Saastal und das untere Vispertal, 48 S., 1 Karte col. 1 : 75 000, 2 Taf. col., 20 photogr. Taf. — [Hierin 3 Aufsätze von] W[alther] Staub : Lage und Oberflächengestalt, S. 1-8; Geologie, S. 9-15, 2 Taf. col. (geolog. Profile und Panoramen); Das Klima, S. 15-17].

104. Sismonda, Angelo. Carta geologica di Savoja, Piemonte e Liguria [...] pubblicata per cura del Governo di S. M. Vittorio Emanuele II Re d'Italia. [Scala ca. 1 : 515 000]. 1 fol. col., s. l., 1866.

105. Staub, Rudolf. Ueber Wesen, Alter und Ursachen der Gesteinsmetamorphosen in Graubünden. *Vjr. N. G. Zürich*, Jahrg. 65, Heft 1-2, 1920, S. 322-376.

106. Staub, Rudolf. Ueber die Verteilung der Serpentine in den alpinen Ophiolithen. *S. M. P. M.*, Bd. 2, Heft 1-2, 1922, S. 78-149.

107. Staub, Rudolf. Der Bau der Alpen. Versuch einer Synthese. *Beitr.*, n. F., Lief. 52, 1924; VI-272 S., 72 Fig. auf 29 Taf. (IV-XXXII).

108. Staub, Rudolf. Tektonische Karte der Alpen. 1 : 1 000 000. *Beitr.*, n. F., Lief. 52, Sp. K. 105 A, 1 fol. col. [1924].

109. Staub, Rudolf. Der Bau der Alpen. Querprofile 1 : 500 000. Blatt 1. Ostalpen. *Ibid.*, Sp. K. 105 B 1, 1 fol. col., März 1926.

110. Staub, Rudolf. Der Bau der Alpen. [Querprofile 1 : 500 000]. Blatt 2. Westalpen. *Ibid.*, Sp. K. 105 B 2, 1 fol. col., März 1926.

111. Staub, Rudolf. Schematische Längsprofile durch die Alpen. 1 : 1 000 000. *Ibid.*, Sp. K. 105 C, 2 fol. col., 1926.

112. Staub, Rudolf. Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie. *Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges.*, Bd. 69, Abh. 1, 1934, VI-184 S., 8 Taf.

113. Staub, Walther. Zur Tektonik des Gebirges zwischen Turtmanntal und Simplonpass. *Ecl.*, vol. 20, N° 2, févr. 1927, S. 247-252, 1 Fig. [geol. Kartenskizze].

114. Staub, Walther. Morphologische Betrachtungen in den Visper Tälern. *Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin*, Jahrg. 1927, S. 216-220, 1 Abb.

115. Staub, W[alther]. Ueber die Verbreitung des Augengneises von Randa im Gebiet der Vispertäler (Wallis). *Ecl.*, vol. 21, N° 2, Déc. 1928, S. 338-340, 1 Fig.

116. Staub, Walther. Geologische Wandkarte der Schweiz. Carte géologique murale de la Suisse. 1 : 200 000. 4 fol. col., Bern 1932, Kümmerly & Frey.

117. Staub, Walther. Gebirgsbau zwischen Vispertal und Turtmanntal. *Mitt. Naturf. Ges. Bern aus dem Jahre 1933*, S. 189-198, 2 Taf. [darunter 1 geol. Panorama col.].

118. Staub, W[alther]. Kleintektonik und Oberflächengestalt auf der Westseite des Vispertales. *Ecl.*, vol. 27, N° 2, Déc. 1934, S. 516-519, 1 Taf. (XV) [geol. Karte].

119. Stella, A. Il problema geo-tettonico dell'Ossola e del Sempione. *B. R. C. G. It.*, vol. 36, 1905, p. 5-41, 3 tav. [fra cui uno schizzo geol. col. 1 : 500 000 e 2 tav. di sezioni].

120. Stella, [A.] — [cf. Relazione al R. Comitato Geologico sui lavori eseguiti per la Carta geologica nel 1904...; *B. R. C. G. It.*, vol. 36, 1905, Parte Ufficiale, pag. 35-38 [Valle di Bognanco, Valle d'Antrona, Valle Anzasca ecc.].

121. Stella, [A.]. — [cf. Relazione al R. Comitato Geologico sui lavori eseguiti per la Carta geologica nel 1905...; *Ibid.*, vol. 37, 1906, Parte Ufficiale, pag. 36].

122. Stella, A. Sui calcescisti della Valle di Furgen e sui gneis di M. Emilius e M. Rafré. *Bollettino della Soc. Geol. Ital.*, vol. 25, 1906, fasc. 1, pag. XLVI-XLVII.

123. Stella, A. I giacimenti metalliferi dell'Ossola. *B. R. C. G. It.*, vol. 37, 1906, pag. 265-280, 1 tavola (VII).

124. Studer, B. Geologie der Schweiz. 2 Bde. Bern [und] Zürich. Bd. I, 1851; II, 1853 [cf. Bd. I, S. 220-221, 309, 319, 323, 387].

125. Studer, B. Lettre de M. B. S----- à la Société géologique de France sur la 2me édition de la Carte géologique de la Suisse. *B. S. G. F.*, 2me sér., t. 25, 1867 à 1868, p. 169-179. Paris 1868.

126. Studer, B. Erläuterungen zur zweiten Ausgabe der geologischen Karte der Schweiz von B. Studer und A. Escher. 32 S., Winterthur 1869.

127. Studer, B. Index der Petrographie und Stratigraphie der Schweiz und ihrer Umgebungen. VI-272 S., Bern 1872.

128. Studer, B. et Escher de la Linth, A. Carte géologique de la Suisse. 1 : 380 000. 1re édition, 1 fol. col., Winterthur 1853.

129. Studer, B. u[nd] Escher [von der Linth], A. Geologische Übersichtskarte der Schweiz. Reduction der grössern geolog. Karte der Schweiz von B. S----- und A. E------. 1 : 760 000. 1 fol. col., Winterthur 1855.

130. Studer, B. et Escher von der Linth, A. Carte géologique de la Suisse. 1 : 380 000. 2me édition, revue et corrigée [...] par [...] Isidor Bachmann. 1 fol. col., Winterthur s. d. [1867].
131. Suess, Eduard. Die Entstehung der Alpen. IV-168 S., Wien 1875.
132. Suess, Ed. La face de la Terre (Das Antlitz der Erde). Traduit [...] sous la direction de Emm. de Margerie. Paris 1897-1918, Colin. — Tome I, 1897. — Tome II, 1900. — Tome III, 1re partie, 1902 ; 2me partie, 1911 ; 3me partie, 1913 ; 4me partie, 1918. — Tables générales de l'ouvrage, 1918.
133. Termier, Pierre. Les nappes des Alpes Orientales et la synthèse des Alpes. *B. S. G. F.*, 4me sér., t. 3, 1903, p. 711-765, 4 fig., 2 pl. col. [dont une carte structurale des Alpes, 1 : 2 500 000].
134. Termier, Pierre. Les Schistes cristallins des Alpes occidentales. *Congrès géologique international. Compte rendu de la IXme session, Vienne 1903*, p. 571-586 ; Vienne (Wien) 1904. — Réimprimé dans *Bibl.* **136**, p. 9-28.
135. Termier, Pierre. La synthèse géologique des Alpes. Conférence faite, le 26 janvier 1906, à Liége [...], 29 p., Liége 1906. — Réimprimé dans *Bibl.* **136**, p. 29-56.
136. Termier, Pierre. Deux conférences de géologie alpine. 56 p., Paris 1910, Béranger.
137. Traverso, Stefano. Geologia dell'Ossola. [IV]-276 pag., 12 tav. [fra cui una carta geol. 1 : 250 000 col.] ; Genova 1895.
138. Wegmann, Eugen. Geologische Untersuchungen im Val d'Hérens. *Ecl.*, vol. 16, No 5, Janvier 1922 ; S. 504-507, 1 Fig. [tekton. Karte].
139. Wegmann, Eugène. Zur Geologie der St. Bernharddecke im Val d'Hérens (Wallis). *B. S. N.*, t. 47, 1922 ; p. 3-63, 2 Fig. [darunter 1 geol. Uebersichtskärtchen], Neuchâtel 1923.
140. Werenfels, Alfred. Geologische und petrographische Untersuchung des Vispertales. *Beitr.*, [a. F.], Lief. 26, III. Teil, 1924, S. I-IV, 81-125, 15 Fig., 3 Taf. col. (= Sp. K. 106, 1 : 25 000 ; 106 A (Profile) 1 : 50 000 ; 106 B, 1 : 50 000).

TABLE DES MATIÈRES

Pages

PRÉFACE 3

INTRODUCTION 6

Délimitation, 6. — Bref coup d'œil historique, 6. — But du travail, 7. — Position des problèmes, 8. — Premier aperçu de solutions, 9. — Divisions tectoniques, 10.

CHAPITRE I. *La nappe du Mont Rose* 12

Généralités 12

L'anticlinal plongeant du Portjengrat (V_2) 13

Site, rapports et digitations, 13. — *Formations géologiques,* 13. — *Diagnoses de types pétrographiques,* 15. — L'orthogneiss du Portjengrat, 15. — L'orthogneiss granito-porphyrique (type Mittelrück), 16. — Le gneiss d'imbibition de l'Almagelhorn, 17. — Le paragneiss du Sonnighorn, 17. — Amphibolites et prasinites anciennes intercalées dans les gneiss, 18.

La zone synclinale du Zwischbergenpass 19

Site et composition, 19. — *Eléments stratigraphiques des implications anticlinales appartenant à la série pennique inférieure,* 20. — Quartzites feldspathiques, 20. — Quartzites du Trias inférieur, 20. — *Eléments stratigraphiques de la série pennique moyenne,* 21. — Trias calcaréo-dolomitique, 21. — Schistes lustrés, 21. — Roches vertes, 21. — *Observations détaillées,* 22. — Aux environs du Zwischbergenpass, 22. — Sur l'arête Sud du Thälihorn, 24. — *Coup d'œil d'ensemble sur la zone du Zwischbergenpass,* 25.

L'anticlinal plongeant du Weissmies (V_3) 26

Site, rapports et digitations, 26. — *Formations géologiques,* 26. — *Diagnoses de types pétrographiques,* 27. — Le paragneiss du Weissmies, 27. — Les orthogneiss, 27. — *Remarques sur la digitation méridionale,* 28. — *Remarques sur la digitation septentrionale,* 28.

La zone synclinale du Grundberg 29

Site et rapports, 29. — *Eléments stratigraphiques,* 29. — Trias calcaréo-dolomitique, 29. — Schistes lustrés, 30. — Roches vertes, 30. — *Observations autour de Saas-Fee,* 30.

L'anticlinal plongeant de Saas-Grund (V_4) 31

Site, rapports et composition, 31. — *Diagnoses de types pétrographiques,* 32. — Paragneiss de type Weissmies, 32. — Orthogneiss et gneiss d'injection, 33. — *Les digitations supérieures de* V_4 *aux environs de Saas-Fee,* 33.

Pages

Chapitre II. *Le synclinal IV-V, ou zone synclinale principale* . 34

Généralités et premier aperçu, 34. — *Eléments stratigraphiques de la partie haute de la série pennique inférieure, en implications anticlinales dans le synclinal* IV-V *ou en rapport étroit avec lui*, 35. — Quartzites feldspathiques, 35. — Quartzites du Trias inférieur, 36. — *Eléments sédimentogènes de la série pennique moyenne*, 36. — Trias calcaréo-dolomitique, 36. — Schistes lustrés, 36. — *Roches vertes de la série pennique moyenne*, 36. — Amphibolites feldspathiques proprement dites, 37. — Amphibolites feldspathiques grenatifères, 38. — Amphibolites feldspathiques riches en pistazite, 38. — Prasinites, 39. — Gabbros ouralitisés, 39. — Gabbro à pyroxène chromifère avec mica chromifère secondaire, 40. — Serpentines, 41. — *Observations détaillées*, 41. — Dans la vallée de Saas, 41. — Au-dessous du Laquinjoch, 42. — Dans la poche du Hohtossen, 42. — Dans le synclinal du Grauhorn, 43. — Au col du Schienhorn, 43. — Le long du contact entre la digitation V_2 et la zone synclinale IV-V, 44. — Sur les quartzites feldspathiques de la Gemein-Alp, 46.

Chapitre III. *La nappe du Grand Saint-Bernard* 47

Généralités, 47. — *Formations géologiques*, 47. — *Diagnoses de types pétrographiques*, 49. — Micaschiste de la Laquinalp, 49. — Micaschiste du Triftgrätli, 50. — Paragneiss de Thamatten, 51. — Paragneiss du Zwischbergental, 52. — Amphibolites et prasinites anciennes intercalées dans les gneiss du type Zwischbergental, 53. — Orthogneiss, 53. — *Observations détaillées*, 53. — Dans le pli en retour de Bidemji, 53. — Dans le pli en retour du Balmhorn, 54. — Dans la zone mésozoïque de la Cima d'Azoglio, 54.

Chapitre IV. *Notes sur le Quaternaire* 56

Dépôts glaciaires anciens dans la vallée de Saas, 56. — Dépôts glaciaires anciens dans le Zwischbergental, 57. — Dépôts glaciaires récents, 58. — Eboulements, 58.

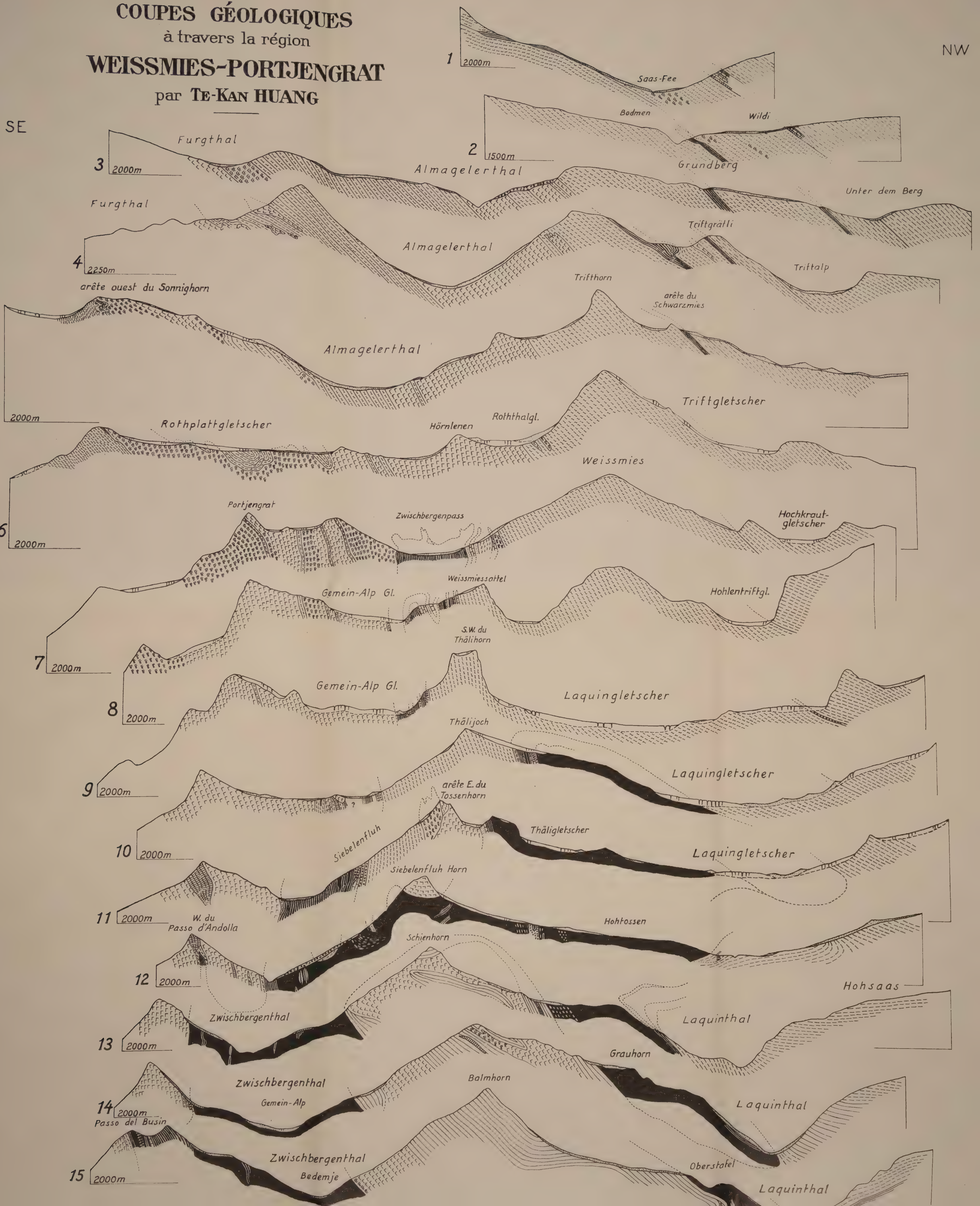
Chapitre V. *Conclusions* 60

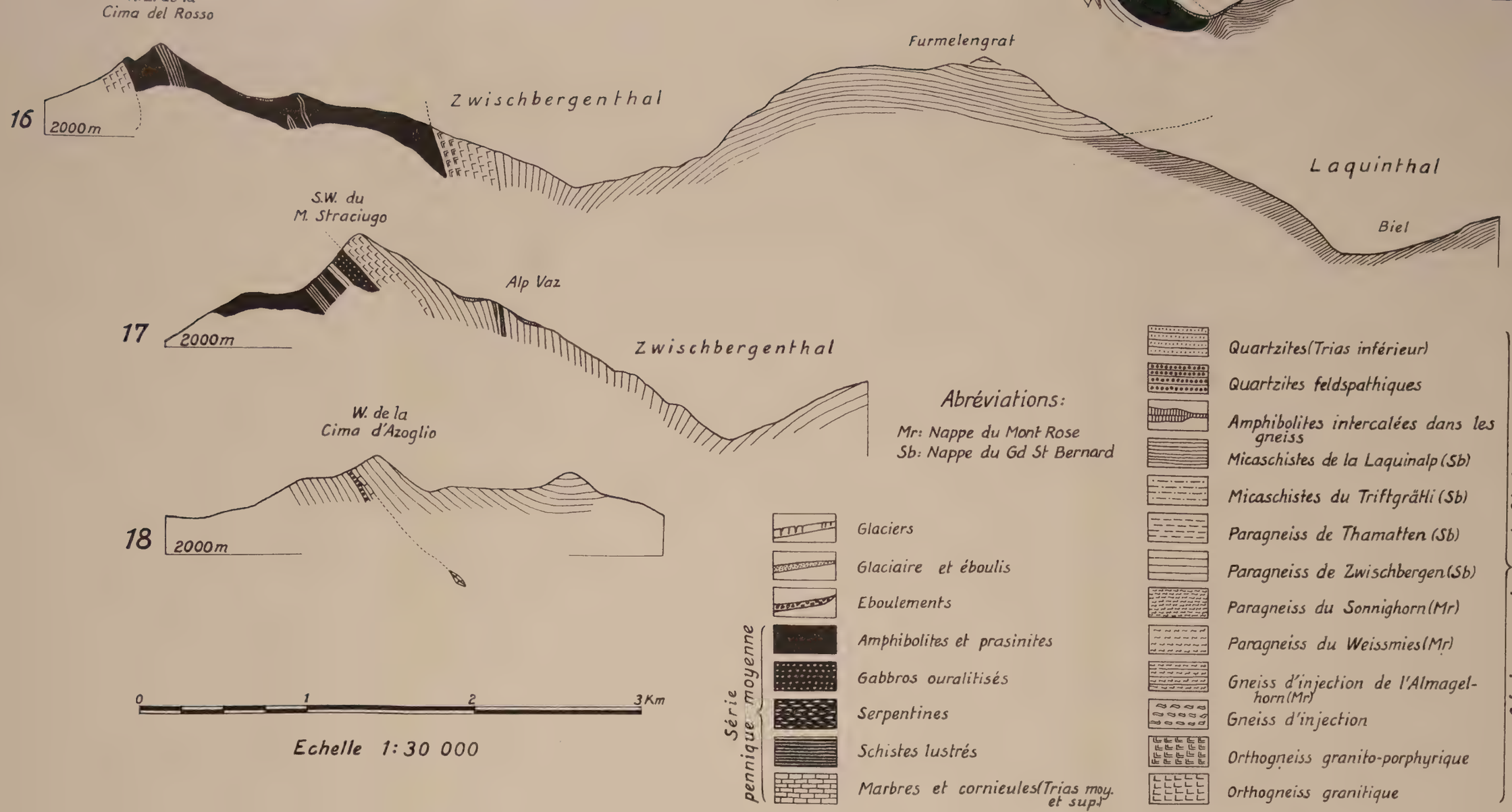
Bibliographie 65

Table des matières 75

Manuscrit reçu le 18 juillet 1935.
Dernières épreuves corrigées le 5 septembre 1935.

COUPES GÉOLOGIQUES
à travers la région
WEISSMIES-PORTJENGRAT
par **TE-KAN HUANG**





GEOGRAPH ANSTALT, KÜMMERLY & FREY, BERN

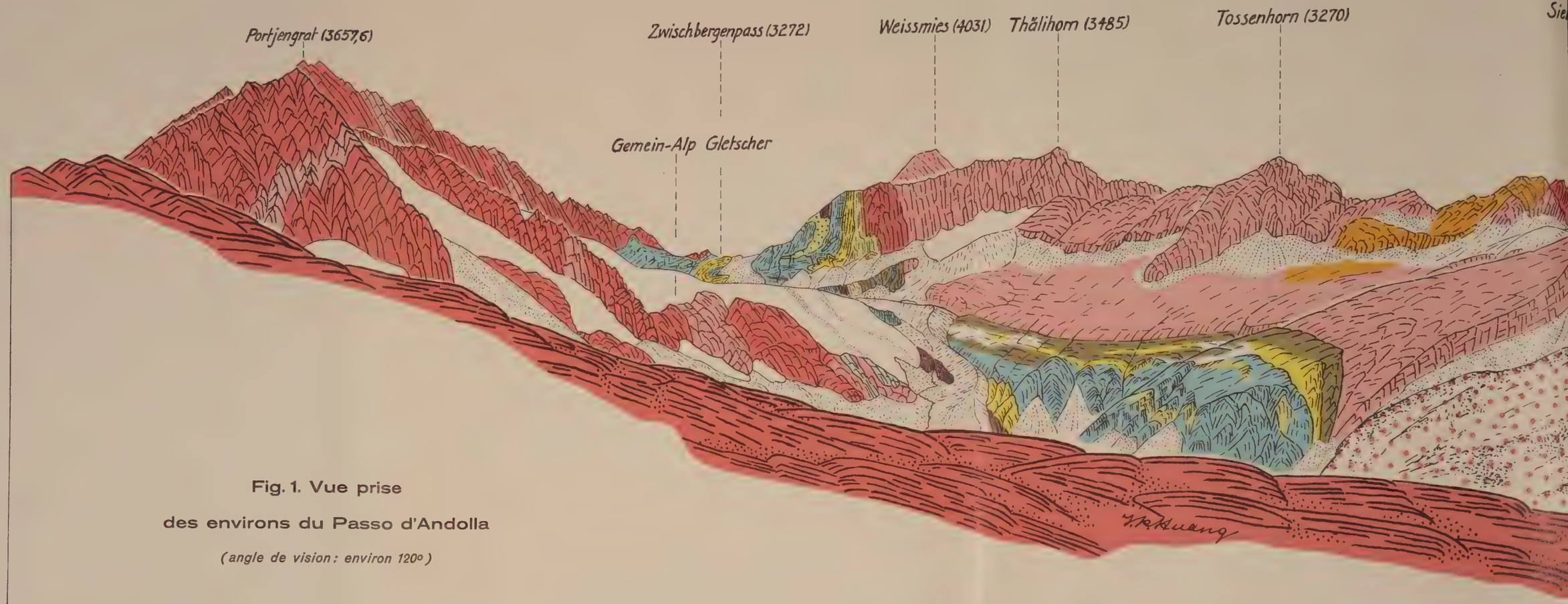


Fig. 1. Vue prise
des environs du Passo d'Andolla
(angle de vision : environ 120°)

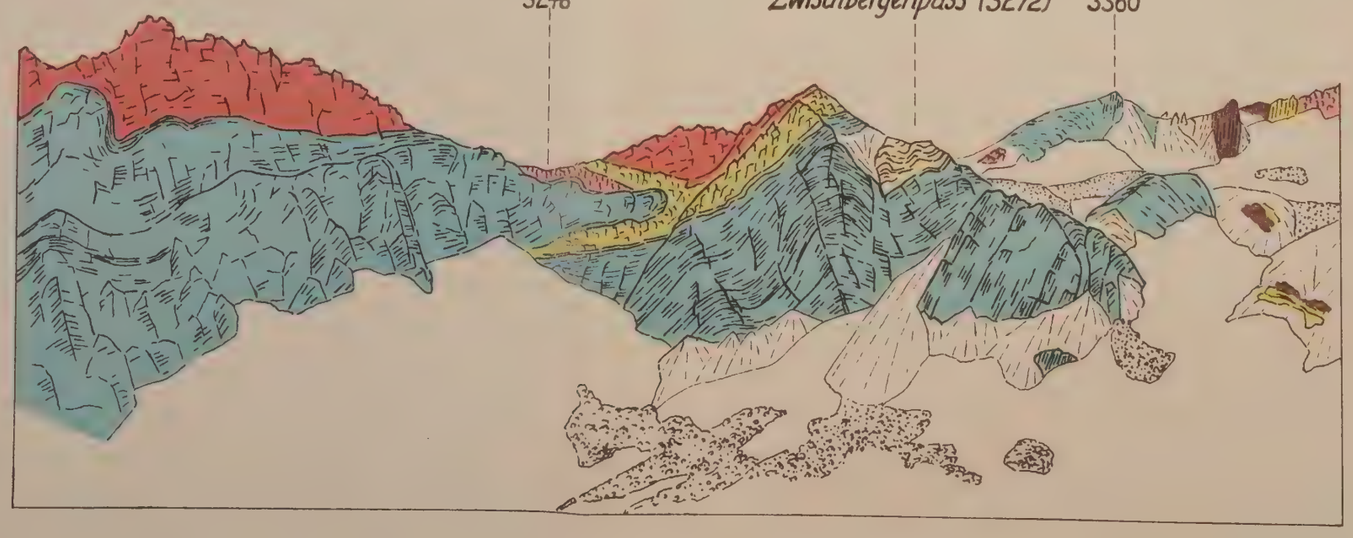


Fig. 2. Le Zwischbergenpass vu de l'Est.

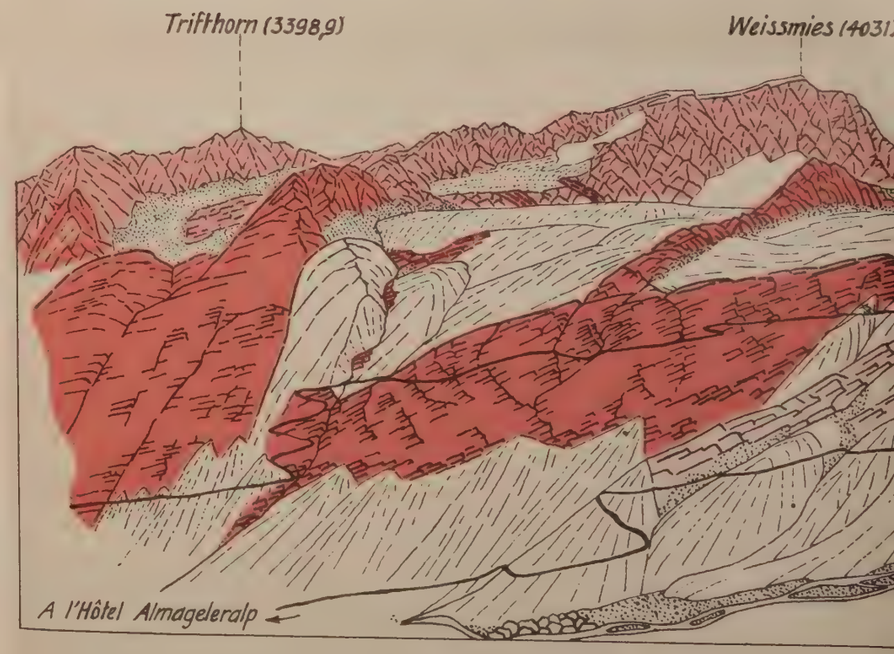
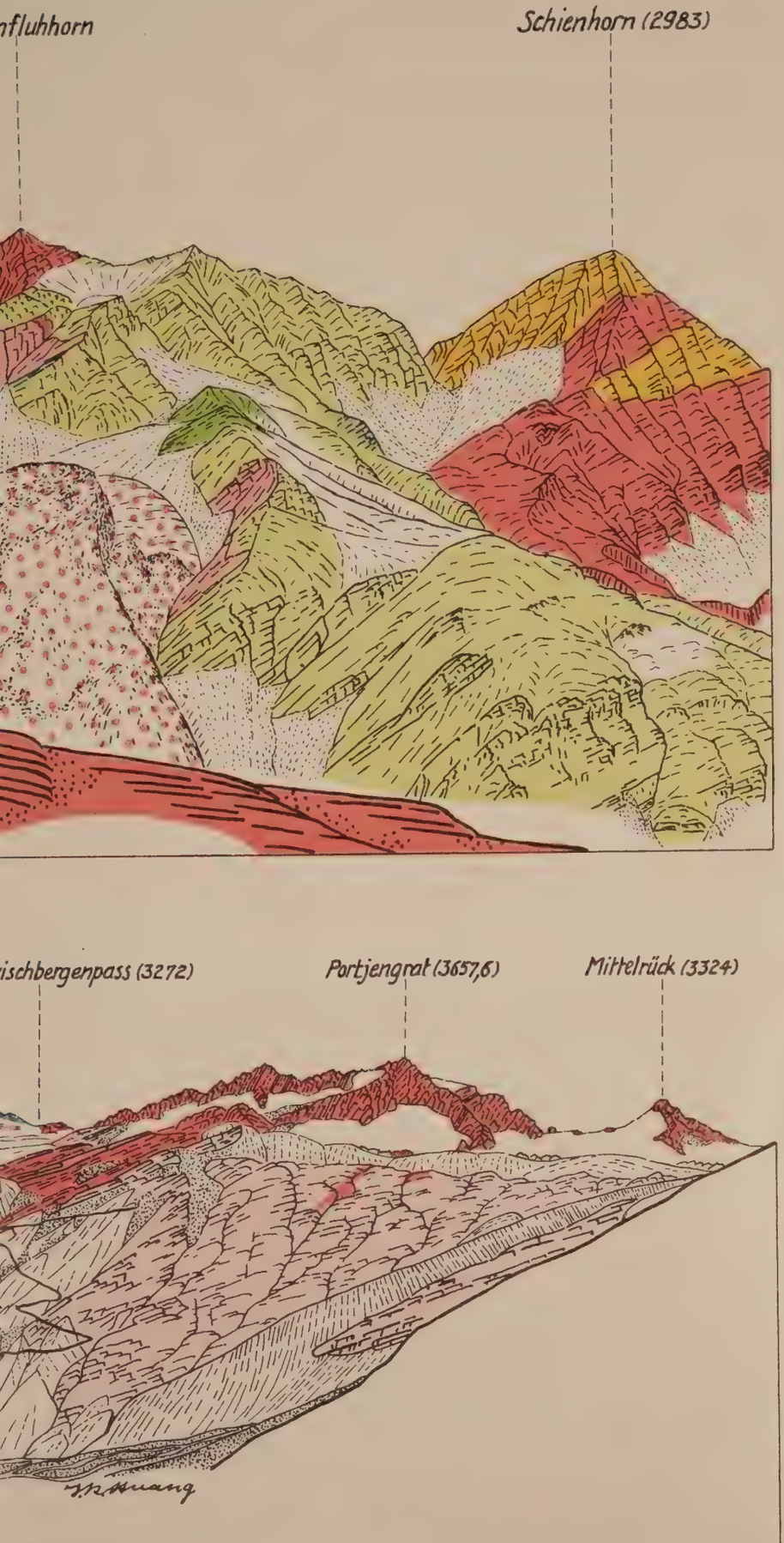


Fig. 3. Vue prise de la moraine du Weissta

KÜMMERLY & FREY, BERNE.



Éboulement.

Amphibolites et prasinites.

Gabbro.

Serpentine.

Schistes lustrés.

Cornieules.

Marbres et dolomies.

Quartzites.

Quartzites feldspathiques,

Paragneiss du type Zwischbergental **(Sb)**.

Amphibolites intercalées dans les gneiss.

Paragneiss du type Weissmies **(Mr)**.

Gneiss d'imbibition de l'Almagelhorn **(Mr)**.

Gneiss d'injection **(Mr)**.

Orthogneiss granito-porphyriques **(Mr)**.

Orthogneiss **(Mr, Sb)**.

tscher (Almagelertal) *(angle de vision : environ 150°).*